



**TUGAS AKHIR - TM 141585**

**PENURUNAN PERSEDIAAN MENGGUNAKAN  
METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE*  
(STUDI KASUS: BAGIAN *ROLLER MILL*  
PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk)**

**ANITA RINDIYAH FIRDIYANTI  
NRP 2111 100 049**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Witantyo, M.Eng.Sc**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2015**



**FINAL PROJECT - TM 141585**

**REDUCING INVENTORY USING RELIABILITY  
CENTERED MAINTENANCE METHOD  
(CASE STUDY: ROLLER MILL SECTION OF  
PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk)**

**ANITA RINDIYAH FIRDIYANTI**  
2111 100 049

Supervisor  
Ir. Witantyo, M.Eng.Sc

DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING  
FACULTY OF INDUSTRIAL ENGINEERING  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA 2015

**PENURUNAN PERSEDIAAN MENGGUNAKAN  
METODE *REALIBILITY CENTERED MAINTENANCE*  
(STUDI KASUS : BAGIAN *ROLLER MILL*  
PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Manufaktur  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**ANITA RINDIYAH FIRDIYANTI**  
NRP. 2111 100 049

Disetujui oleh Pembimbing dan Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Witantyo, M.Eng.Sc..... (Pembimbing)  
(NIP: 196303141988031002)
2. Arif Wahyudi, ST, MT, PhD..... (Penguji 1)  
(NIP: 197303222001121001)
3. Ir. Yusuf Kaelani, M.Sc.E ..... (Penguji 2)  
(NIP: 196511031990021001)
4. Ari Kurniawan, ST, MT..... (Penguji 3)

**SURABAYA**  
**Juli, 2015**

**PENURUNAN PERSEDIAAN MENGGUNAKAN  
METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE*  
(STUDI KASUS: BAGIAN *ROLLER MILL*  
PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk)**

**Nama** : Anita Rindiyah Firdiyanti  
**NRP** : 2111 100 049  
**Jurusan** : Teknik Mesin FTI - ITS  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Witantyo, M.Eng.Sc

**Abstrak**

*PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. merupakan salah satu industri manufaktur semen terbesar di Indonesia. Persediaan komponen dan bahan baku diperlukan untuk kelancaran proses produksi. Namun, terlalu banyaknya persediaan menjadi suatu masalah karena terkait dengan besarnya nilai yang dikeluarkan. Data dari Departemen Perencanaan Pengendalian Persediaan menunjukkan bahwa besarnya nilai persediaan berasal dari komponen non-rutin yaitu komponen yang dibeli berdasarkan kegiatan perawatan.*

*Untuk mengurangi persediaan, kegiatan perawatan akan dievaluasi kembali menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Objek penelitian yang dipilih adalah bagian roller mill karena memiliki catatan *unscheduled downtime* tertinggi. Semua komponen roller mill akan dievaluasi sehingga distribusi kegagalan setiap komponen dapat diketahui dan kebutuhannya dapat dihitung. Beberapa komponen juga akan diklasifikasi ulang dari komponen non-rutin menjadi komponen rutin sehingga pengadaannya dapat dilakukan secara teratur.*

*Analisis data maintenance task pada sistem roller mill menunjukkan bahwa kegagalan terjadi pada ham pir setiap maintenance task, yaitu *scheduled on condition task*, *scheduled discard task*, *schedule restoration task* dan *no schedule maintenance*. Analisis data menunjukkan data kurang tepat yang*

*kemungkinan disebabkan oleh strategi penggantian komponen yang tidak konsisten. Hanya komponen rusak yang diganti saat kegiatan perawatan terjadwal. Hal tersebut menyebabkan keandalan komponen menjadi jauh lebih rendah. Selain itu, ketersediaan persediaan yang tidak konsisten dengan ketentuan kebutuhan komponen. Dari 87 komponen yang digunakan dalam kegiatan perawatan tersebut dievaluasi dan terdapat 19 komponen yang mengalami reklasifikasi dari komponen non-rutin menjadi komponen rutin. Kemudian komponen tersebut dihitung keandalan dan kebutuhannya untuk periode operasi satu tahun. Berdasarkan temuan ini, disarankan untuk mengganti semua komponen dalam kegiatan overhaul untuk meningkatkan keandalan sistem roller mill. Selain itu, sistem persediaan sebaiknya mengikuti jadwal perawatan dan jumlah komponen yang dibutuhkan dalam kegiatan perawatan agar nilai persediaan menurun dan keandalan sistem meningkat.*

***Kata kunci: roller mill, penurunan persediaan, RCM***

**REDUCING INVENTORY USING  
RELIABILITY CENTERED  
MAINTENANCE METHOD  
(CASE STUDY: ROLLER MIL SECTION OF  
PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk)**

**Name : Anita Rindiyah Firdiyanti**  
**NRP : 2111 100 049**  
**Department : Mechanical Engineering FTI - ITS**  
**Supervisor : Ir. Witantyo, M.Eng.Sc**

***Abstract***

*PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. is one of the biggest cement manufacturing in Indonesia. Inventory of spare-parts and raw-material is required for smoothness production process. However, too much inventories become a problem because of it is big value to be issued. Data from Inventory Control Planning Department showed that major inventory value come from non-routine spare-parts which is purchased based on maintenance activities.*

*To reduce the inventory, maintenance activities will be re-evaluate using Reliability Centered Maintenance (RCM) method. Pilot project selected is Roller Mill section due to highest unscheduled downtime record. All components of roller mill will be evaluated to determine the failure distributions of each component to calculate it is requirement. Some components also will be reclassified from non-routine to routine components so it can be procured regularly.*

*Analysis of maintenance tasks data on roller mill system showed failure occur on almost every maintenance task; ie: scheduled on condition task, scheduled discard task, schedule restoration task and no schedule maintenance. Data analysis indicates unreliable data that might be caused by inconsistent strategy of components replacement. Only damage components*

*are replaced in the scheduled maintenance activities. It makes component reliability become much lower. Besides, the availability of inventory is inconsistent with the requirement of component requirement. Eventhough, all 87 components used in maintenance activities are evaluated and there are 19 components reclassified from non-routine to become routine component. Then, reliability these components and its requirement for one year operation period is calculated. Based on these findings, it is recommended to replace all components in the overhaul activities to improve reliability of roller mill system. In addition, inventory system preferably follow the maintenance schedule and number of component requirement for maintenance activities to reduce inventory value and improve system reliability.*

**Keyword: roller mill, reducing inventory, RCM**

## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah saya panjatkan kehadiran Allah SWT atas karunia-Nya sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Tugas Akhir ini merupakan persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana teknik bidang studi Manufaktur jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis sangat menyadari bahwa keberhasilan penulisan Tugas Akhir ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Melalui kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dan mendukung baik secara moril maupun materiil, antara lain:

1. Sri Indiyah dan Siyamin, kedua orang tua tercinta yang senantiasa memberi dukungan dan doa sehingga penulis mampu menyelesaikan perkuliahan di Teknik Mesin.
2. Ir. Witantyo M.Eng.Sc selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing dan memberikan arahan yang bermanfaat dalam penulisan Tugas Akhir ini.
3. Arif Wahyudi, ST, MT, PhD, Ir.Yusuf Kaelani, M.Sc.E dan Ari Kurniawan, ST, MT, selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan kritik yang bermanfaat dalam penulisan Tugas Akhir ini.
4. Dr. Eng. Prabowo, M.Eng, selaku dosen wali yang telah membimbing penulis selama empat tahun perkuliahan.
5. Seluruh dosen dan karyawan Teknik Mesin FTI-ITS yang telah banyak membantu selama perkuliahan.
6. Akhmad Ittang Anwarsyah, "*my complete partner*". Terima kasih sudah menemani dan memotivasi selama 40 bulan. Ditunggu kelulusannya.
7. Rosida Anjani Safitri sebagai teman seperjuangan Tugas Akhir ini.
8. Sahabat penulis, Yulia, Citra, Alda, Putri, Ismi, Shafni yang selalu bisa membuat tertawa. Semoga yang belum lulus bisa cepat menyusul.
9. Teman-teman tercinta, Dewi, Indah, Aulia, Zieda, Sekar,



Stevanny, Scania. Kurang-kurangnya dan semoga cepat menyusul.

10. Esty Wulandari, teman seperjuangan himpunan. Semoga cepat menyusul dan ditunggu undangannya.
11. Semua pihak di PT.Semen Indonesia (Persero) Tbk. yang telah membantu Penelitian Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.
12. Teman-teman M54 yang telah bersama-sama menjalani kehidupan di kampus merah dari maba hingga sekarang.
13. Seluruh warga Laboratorium Sistem Manufaktur.
14. Pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu-persatu oleh penulis.

Tugas Akhir ini masih sangat jauh dari sempurna, kritik dan saran yang dapat menyempurnakan penyusunan Tugas Akhir sangat diperlukan. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Surabaya, Juli 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xix</b>
 <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	 <b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
 <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....</b>	 <b>7</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	7
2.2 Persediaan ( <i>Inventory</i> ) .....	9
2.2.1 Penyebab Timbulnya Persediaan .....	9
2.2.2 Sistem Persediaan.....	10
2.3 <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM) .....	11
2.3.1 Tujuan <i>Reliability Centered Maintenance</i> .....	12
2.3.2 Langkah-Langkah Penerapan <i>Reliability Centered Maintenance</i> .....	12
2.4 Fungsi Laju Kegagalan.....	19
2.5 Distribusi Laju Kegagalan .....	10
2.5.1 Distribusi Normal .....	21
2.5.2 Distribusi Lognormal .....	22
2.5.3 Distribusi Eksponensial .....	22
2.5.4 Distribusi Weibull .....	23

<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>25</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	25
3.2 Metodologi Penelitian .....	26
3.2.1 Studi Literatur, Studi Lapangan, dan Identifikasi Permasalahan .....	26
3.2.2 Perumusan Masalah .....	27
3.2.3 Pengumpulan Data .....	27
3.2.4 Pengolahan Data .....	27
3.2.4.1. Reklasifikasi Komponen .....	28
3.2.4.2. Penentuan Distribusi Kegagalan Komponen .....	29
3.2.4.3. Penentuan Kebutuhan Komponen .....	29
3.2.5 Analisis Sistem Persediaan yang Sesuai .....	30
3.2.6 Penarikan Kesimpulan dan Saran .....	30
 <b>BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN</b>	
<b>    ANALISIS DATA.....</b>	<b>31</b>
4.1 Identifikasi Proses Produksi .....	33
4.2 Reklasifikasi Komponen .....	33
4.2.1. Analisis Sistem.....	33
4.2.2. Analisis Subsystem .....	36
4.2.3. Analisis Fungsi dan Kegagalan Fungsi .....	44
4.2.4. Analisis <i>Maintenance Task</i> .....	50
4.2.5. Analisis Komponen Pendukung .....	57
4.2.6. Reklasifikasi Komponen.....	61
4.3 Penentuan Distribusi Kegagalan Komponen dan Kebutuhan Komponen.....	66
4.3.1. Analisis Cap Screw Socket .....	68
4.3.2. Analisis Bolt Tee Head dan Nut Hex .....	70
4.3.3. Analisis Washer Spring .....	72
4.3.4. Analisis Seal Axle .....	74
4.3.5. Analisis Louvre Ring Insert .....	76
4.3.6. Analisis Washer Flat .....	78
4.3.7. Analisis Bolt Metric Taper Head .....	80
4.3.8. Analisis Bolt Metric .....	82
4.3.9. Analisis Seal Upper-Outer .....	84

4.3.10. Analisis Rotor Blade.....	87
4.3.11. Analisis Cone Pin.....	89
4.3.12. Analisis Bolt&Nut Washer .....	91
4.3.13. Analisis Fluid Port dan Poppet.....	93
4.3.14. Analisis Spring .....	95
4.3.15. Analisis Bladder&Gas Valve .....	97
4.3.16. Analisis Rubber.....	99
4.3.17. Analisis Bearing Spher.....	101
<b>BAB V PEMBAHASAN .....</b>	<b>105</b>
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>111</b>
6.1. Kesimpulan.....	111
6.2. Saran.....	112
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>113</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>115</b>
<b>BIODATA.....</b>	<b>143</b>

Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Grafik Frekuensi <i>Unscheduled Downtime</i> Sistem pada Plan 1 Unit Unit Pengolahan Bahan .....	35
Tabel 4.2. Analisis <i>RCM Information Worksheet</i> .....	44
Tabel 4.3. <i>RCM Information Worksheet Grinding Subsystem</i> ...	45
Tabel 4.4. <i>RCM Information Worksheet Drying&amp; Transportating Subsystem</i> .....	46
Tabel 4.5. <i>RCM Information Worksheet Separating Subsystem</i>	48
Tabel 4.6. <i>RCM Information Worksheet Hydraulic Subsystem</i> ..	49
Tabel 4.7. Analisis <i>RCM Decision Worksheet</i> .....	50
Tabel 4.8. <i>RCM Decision Worksheet Grinding Subsystem</i> .....	54
Tabel 4.9. <i>RCM Decision Worksheet Drying&amp; Transportating Subsystem</i> .....	55
Tabel 4.10. <i>RCM Decision Worksheet Separating Subsystem</i> ...	56
Tabel 4.11. <i>RCM Decision Worksheet Hydraulic Subsystem</i> ....	57
Tabel 4.12. <i>SWBS Grinding Subsystem</i> .....	59
Tabel 4.13. <i>SWBS Drying&amp;Transportating Subsystem</i> .....	59
Tabel 4.14. <i>SWBS Separating Subsystem</i> .....	60
Tabel 4.15. <i>SWBS Hydraulic Subsystem</i> .....	60
Tabel 4.16. Reklasifikasi <i>Grinding Subsystem</i> .....	64
Tabel 4.17. Reklasifikasi <i>Drying&amp;Transportating Subsystem</i> ...	65
Tabel 4.18. Reklasifikasi <i>Separating Subsystem</i> .....	65
Tabel 4.19. Reklasifikasi <i>Hydraulic Subsystem</i> .....	66
Tabel 4.20. Data Kegagalan <i>Cap Screw Socket</i> .....	68
Tabel 4.21. Data Kegagalan <i>Bolt Tee Head dan Nut Hex</i> .....	70
Tabel 4.22. Data Kegagalan <i>Washer Spring</i> .....	72
Tabel 4.23. Data Kegagalan <i>Seal Axle</i> .....	74
Tabel 4.24. Data Kegagalan <i>Louvre Ring Insert</i> .....	76
Tabel 4.25. Data Kegagalan <i>Washer Flat</i> .....	78
Tabel 4.26. Data Kegagalan <i>Bolt Metric Taper Head</i> .....	80
Tabel 4.27. Data Kegagalan <i>Bolt Metric</i> .....	82
Tabel 4.28. Data Kegagalan <i>Seal Upper-Outer</i> .....	84
Tabel 4.29. Data Kegagalan <i>Rotor Blade</i> .....	87
Tabel 4.30. Data Kegagalan <i>Cone Pin</i> .....	89

Tabel 4.31. Data Kegagalan *Bolt&Nut Washer* ..... 91

Tabel 4.32. Data Kegagalan *Fluid Port* dan *Poppet* ..... 93

Tabel 4.33. Data Kegagalan *Spring*..... 95

Tabel 4.34. Data Kegagalan *Bladder&Gas Valve* ..... 97

Tabel 4.35. Data Kegagalan *Rubber*..... 99

Tabel 4.36. Data Kegagalan *Bearing Spher*.....101

Tabel 5.1. Jumlah Komponen dan Permintaan Komponen.....105

Tabel 5.2. Perbandingan Jumlah Komponen .....107

Tabel 5.3. Nilai Keandalan Komponen.....109

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Grafik Frekuensi <i>Downtime</i> Sistem pada Unit Pengolahan Bahan .....	3
Gambar 2.2. <i>Bath-ub Curve</i> .....	20
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian .....	26
Gambar 3.2 Tahapan Reklasifikasi Komponen .....	28
Gambar 4.1. Proses Produksi Semen .....	32
Gambar 4.2. Sistem-Sistem Pada Unit Pengolahan Bahan .....	34
Gambar 4.3. Grafik Frekuensi <i>Unscheduled Downtime</i> Sistem pada Plan 1 Unit Pengolahan Bahan .....	36
Gambar 4.4. <i>Vertical Roller Mill</i> PT. Semen Indonesia.....	37
Gambar 4.5. Ilustrasi <i>Sistem Roller Mill</i> .....	37
Gambar 4.6. Subsistem <i>Roller Mill</i> .....	38
Gambar 4.7. <i>Grinding Roll</i> dan <i>Mill Table</i> .....	38
Gambar 4.8. Ilustrasi Penggilingan.....	39
Gambar 4.9. <i>Rotary Feeder</i> .....	40
Gambar 4.10. <i>Classifier</i> .....	41
Gambar 4.11. Ilustrasi <i>Hydraulic Spring System</i> .....	42
Gambar 4.12. FBD Sistem <i>Roller Mill</i> .....	43
Gambar 4.13. <i>System Work Breakdown Structure</i> .....	58
Gambar 4.14. Grafik CDF <i>Cap Screw Socket</i> .....	69
Gambar 4.15. Grafik <i>Failure Rate Cap Screw Socket</i> .....	69
Gambar 4.16. Grafik CDF <i>Bolt Tee Head</i> dan <i>Nut Hex</i> .....	71
Gambar 4.17. Grafik <i>Failure Rate Bolt Tee Head</i> dan <i>Nut Hex</i> .....	71
Gambar 4.18. Grafik CDF <i>Washer Spring</i> .....	73
Gambar 4.19. Grafik <i>Failure Rate Washer Spring</i> .....	73
Gambar 4.20. Grafik CDF <i>Seal Axle</i> .....	75
Gambar 4.21. Grafik <i>Failure Rate Seal Axle</i> .....	75
Gambar 4.22. Grafik CDF <i>Louvre Ring Insert</i> .....	77
Gambar 4.23. Grafik <i>Failure Rate Louvre Ring Insert</i> .....	77
Gambar 4.24. Grafik CDF <i>Washer Flat</i> .....	79
Gambar 4.25. Grafik <i>Failure Rate Washer Flat</i> .....	79
Gambar 4.26. Grafik CDF <i>Bolt Metric Taper Head</i> .....	81
Gambar 4.27. Grafik <i>Failure Rate Bolt Metric Taper Head</i> .....	81



Gambar 4.28. Grafik CDF <i>Bolt Metric</i> .....	83
Gambar 4.29. Grafik <i>Failure Rate Bolt Metric</i> .....	83
Gambar 4.30. Grafik CDF <i>Seal Upper-Outer</i> .....	85
Gambar 4.31. Grafik <i>Failure Rate Seal Upper-Outer</i> .....	86
Gambar 4.32. Grafik CDF <i>Rotor Blade</i> .....	87
Gambar 4.33. Grafik <i>Failure Rate Rotor Blade</i> .....	88
Gambar 4.34. Grafik CDF <i>Cone Pin</i> .....	89
Gambar 4.35. Grafik <i>Failure Rate Cone Pin</i> .....	90
Gambar 4.36. Grafik CDF <i>Bolt&amp;Nut Washer</i> .....	92
Gambar 4.37. Grafik <i>Failure Rate Bolt&amp;Nut Washer</i> .....	92
Gambar 4.38. Grafik CDF <i>Fluid Port dan Poppet</i> .....	94
Gambar 4.39. Grafik <i>Failure Rate Fluid Port dan Poppet</i> .....	94
Gambar 4.40. Grafik CDF <i>Spring</i> .....	96
Gambar 4.41. Grafik <i>Failure Rate Spring</i> .....	96
Gambar 4.42. Grafik CDF <i>Bladder&amp;Gas Valve</i> .....	98
Gambar 4.43. Grafik <i>Failure Rate Bladder&amp;Gas Valve</i> .....	98
Gambar 4.44. Grafik CDF <i>Rubber</i> .....	100
Gambar 4.45. Grafik <i>Failure Rate Rubber</i> .....	100
Gambar 4.46. Grafik CDF <i>Bearing Spher</i> .....	102
Gambar 4.47. Grafik <i>Failure Rate Bearing Spher</i> .....	102

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Frekuensi <i>Downtime</i> Sistem pada Unit Pengolahan Bahan.....	115
Lampiran 2.	Hasil Pengujian Distribusi Interval Waktu Kegagalan.....	116
Lampiran 3.	Jumlah Kebutuhan Komponen Dalam Kegiatan Perawatan.....	122
Lampiran 4.	Hasil Perhitungan <i>Probability Density Function</i> ( $f(t)$ ), <i>Cumulative Density Function</i> ( $F(t)$ ), <i>Reliability</i> ( $R(t)$ ), <i>Failure Rate</i> ( $\lambda(t)$ ) dan MTTF.....	125

Halaman ini sengaja dikosongkan

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

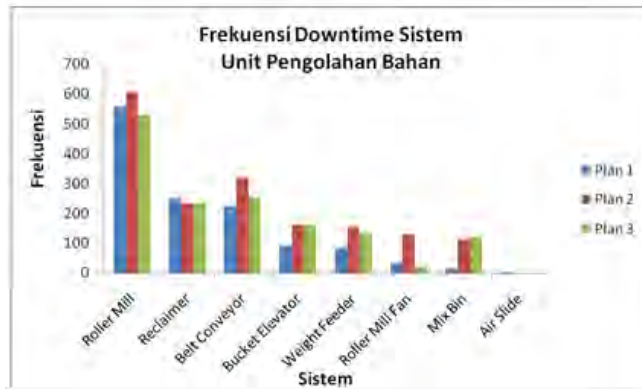
PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. merupakan salah satu Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak dalam industri manufaktur semen. Persediaan pun diperlukan demi kelancaran proses produksi suatu perusahaan. Namun keberadaan persediaan menjadi masalah karena terkait dengan besarnya nilai persediaan yang harus dikeluarkan. Salah satu unit kerja di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. yang bertugas menjamin ketersediaan persediaan adalah Departemen Perencanaan Pengendalian Persediaan. Adapun pengelompokkan persediaan dibagi dalam 3 jenis, yaitu bahan baku, komponen rutin dan komponen non-rutin. Menurut data Departemen tersebut, nilai persediaan untuk ketiga jenis persediaan yaitu bahan baku sebesar 51 Milyar, komponen rutin sebesar 227 Milyar dan komponen non-rutin sebesar 647 Milyar.

Bahan baku dan komponen rutin merupakan persediaan *fast moving* sehingga persediaan tersebut sudah ditentukan kuantitas *minimum-maximum* persediaan dan waktu pemesanan pada *System Application and Product* (SAP) sedangkan komponen non-rutin merupakan persediaan *slow moving* sehingga komponen ini belum ditentukan kuantitas *minimum-maximum* persediaan dan waktu pemesanan pada *System Application and Product* (SAP). Komponen jenis ini sulit dikontrol karena pembeliannya berdasarkan *user* terkait yang berhubungan dengan aktifitas perawatan.

Ketersediaan komponen dalam aktifitas perawatan seringkali menjadi masalah bagi *user* dan Departemen Perencanaan Pengendalian Persediaan. Di satu sisi, *user* yang bertugas melakukan aktifitas perawatan tidak menginginkan *stockout* komponen ketika mesin mengalami *trouble* sehingga pengadaan komponen seringkali dilakukan hingga menimbulkan *overstock*. Di sisi lain Departemen Perencanaan dan Pengendalian

Persediaan bertugas menjaga kuantitas persediaan agar tidak terjadi *overstock* maupun *stockout*. Mengingat aktifitas perawatan dan ketersediaan komponen merupakan hal yang saling berkaitan maka penentuan kebutuhan komponen diperlukan agar ketersediaan komponen selalu terjaga selama aktifitas perawatan serta nilai persediaan yang dikeluarkan dapat seminimum mungkin.

Objek penelitian Tugas Akhir ini adalah sistem pada unit proses pengolahan bahan yang mempunyai frekuensi *downtime* paling tinggi. Unit pengolahan bahan berfungsi sebagai area *size reduction* bahan baku semen menjadi *rawmix* yang lebih halus. Dampak yang ditimbulkan akibat seringnya *downtime* pada unit tersebut adalah tidak tersedianya *rawmix* untuk tahapan proses pembakaran selanjutnya sehingga proses produksi dapat terhenti. Oleh karena itu, *availability* dari unit pengolahan bahan merupakan salah satu kunci utama dalam proses produksi. Menurut data Departemen Teknik PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk, terdapat beberapa sistem pada unit pengolahan bahan yang sering mengalami *downtime* sehingga proses produksi dapat terganggu. Data frekuensi *downtime* sistem pada unit pengolahan bahan selama periode Januari 2011 sampai dengan Desember 2014 tersebut dapat dilihat pada lampiran 1 dan disajikan grafik pada gambar 1.1



Gambar 1.1 Grafik Frekuensi *Downtime Sistem* pada Unit Pengolahan Bahan

Pada gambar 1.1, sistem yang mempunyai frekuensi *downtime* paling tinggi adalah *roller mill* sehingga objek penelitian difokuskan pada sistem tersebut.

Permasalahan terkait tingginya nilai persediaan, frekuensi *downtime* yang tinggi serta ketersediaan komponen untuk aktivitas perawatan seharusnya dapat diatasi dengan menentukan kebutuhan komponen dan *maintenance task* yang tepat. Pada Tugas Akhir ini akan ditentukan *maintenance task* yang tepat berdasarkan metode *Realibility Centered Maintenance* (RCM) yang kemudian dihubungkan dengan kebutuhan komponen pendukung dalam aktifitas perawatan. Semua komponen dalam sistem yang dianalisis ditentukan distribusi kegagalannya sehingga jumlah kebutuhan komponen-komponen ini dapat diketahui. Jenis komponen yang dibutuhkan juga akan diklasifikasikan ulang dari komponen non-rutin menjadi komponen rutin sehingga sistem persediaannya dapat ditentukan. Tujuan penelitian Tugas Akhir ini diharapkan dapat menurunkan persediaan pada PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. serta menjaga ketersediaan komponen agar aktifitas perawatan dapat berjalan lancar.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka rumusan masalah yang akan dikaji dan dicari solusi terbaiknya dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menurunkan persediaan komponen pada *sistem roller mill* menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance*?
2. Bagaimana menentukan kebutuhan persediaan komponen pada *sistem roller mill* dengan menggunakan sistem persediaan yang sesuai?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Mengacu pada rumusan masalah yang telah diuraikan di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk menurunkan persediaan pada komponen *sistem roller mill* menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance*.
2. Untuk menentukan kebutuhan persediaan komponen pada *sistem roller mill* dengan menggunakan sistem persediaan yang sesuai.

## 1.4 Batasan Masalah

Dengan melihat kompleksnya permasalahan yang ada, maka pembatasan masalah dilakukan sebagai berikut:

1. Komponen yang dianalisis adalah komponen *sistem roller mill* pada Unit Pengolahan Bahan *Plan I*.
2. Data yang diteliti adalah data Januari 2011 sampai dengan Desember 2014.
3. Dikarenakan data yang dimiliki perusahaan adalah data *time between failure* (TBF) sehingga *time to repair* (TTR) diasumsikan pendek agar sistem segera beroperasi. Oleh karena itu, data *time between failure* (TBF) sama dengan data *time to failure* (TTF).

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian Tugas Akhir ini adalah memberikan rekomendasi klasifikasi komponen yang baru serta menentukan kebutuhan persediaan pada komponen *sistem roller mill* sehingga diharapkan nilai total persediaan dapat diperkecil.



Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Ketersediaan komponen dan aktifitas perawatan merupakan hal yang saling berkaitan. Kedua aspek tersebut juga berpengaruh terhadap besarnya nilai persediaan yang dikeluarkan perusahaan. Jika suatu komponen tidak tersedia saat mesin mengalami kegagalan maka mengakibatkan mesin mengalami *downtime*, proses produksi terhenti dan perusahaan mengalami kerugian. Namun di sisi lain, ketika komponen yang tersedia berlebih maka mengakibatkan penumpukan di gudang dan nilai persediaan menjadi tinggi. Penelitian-penelitian mengenai penentuan jenis perawatan dan penentuan kebutuhan komponen umumnya dilakukan untuk memperoleh nilai seminimum mungkin terkait dengan perawatan dan persediaan.

Salah satu penelitian menggunakan metode RCM adalah *Reliability Centered Maintenance Methodology for Goliath Crane of Transmission Tower*<sup>[1]</sup>. Pada penelitian ini digunakan *RCM Information Worksheet* yang berisi fungsi, kegagalan fungsi, modus kegagalan dan efek kegagalan pada setiap subsistem. Informasi tersebut digunakan untuk menentukan *maintenance task* yang cocok untuk setiap modus kegagalan yang terjadi menggunakan *RCM Decision Worksheet*.

Penelitian mengenai penentuan kebutuhan komponen yaitu *Strategies in Spare Part Management Using a Reliability Engineering Approach*<sup>[2]</sup>. Pada penelitian ini kebutuhan komponen ditentukan dengan menggunakan data *failure rate* dan *mean time between failure*. Selain itu, model persediaan yang sesuai juga ditentukan untuk mendapatkan sistem persediaan yang tepat.

Penelitian yang menggabungkan penentuan kebijakan perawatan dan optimasi persediaan suku cadang pada *Coal Handling System PLTU Paiton*<sup>[3]</sup>. Penelitian ini menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yang

dikombinasikan dengan metode evaluasi dari *Electrical Power Research Institute* (EPRI) untuk menentukan strategi perawatan yang tepat serta menggunakan *Probabilistic Economic Order Quantity* (PEOQ) model untuk mengatasi permasalahan persediaan suku cadang. Dari hasil analisis data, fungsi dan kegagalan fungsi sistem didapatkan dari *Failure Mode Effect Analysis Tools* yang kemudian strategi perawatannya dapat ditentukan menggunakan metode RCM. Selanjutnya jumlah persediaan dan pemesanan suku cadang ditentukan menggunakan PEOQ model yang bertujuan untuk mengoptimalkan biaya perawatan yang dikeluarkan.

Penelitian lain mengenai perancangan kebijakan perawatan dan penentuan persediaan *spare part* Pabrik Urea Kalimantan Timur<sup>[4]</sup> menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance*. Pada penelitian ini terdapat pembuatan *Failure Mode Effect Analysis, maintenance task*, dan penentuan persediaan *spare part* berdasarkan penentuan interval waktu perawatan. Selain itu, perhitungan persediaan *spare part* juga dilakukan dengan mempertimbangkan keandalan atau distribusi kegagalan pada suatu mesin.

Pada Tugas Akhir ini *maintenance task* yang tepat ditentukan menggunakan metode *Realibility Centered Maintenance* yang kemudian dihubungkan dengan kebutuhan komponen dalam aktifitas perawatan. Semua komponen dalam sistem dievaluasi untuk ditentukan distribusi kerusakannya sehingga jumlah kebutuhan komponen-komponen ini dapat diketahui. Jenis komponen yang dibutuhkan juga diklasifikasikan ulang dari komponen non-rutin menjadi komponen rutin sehingga sistem persediaannya dapat ditentukan. Tujuan penelitian Tugas Akhir ini diharapkan dapat mengurangi persediaan, menurunkan nilai persediaan serta menjaga ketersediaan komponen agar aktifitas perawatan dapat berjalan lancar.

## 2.2 Persediaan (*Inventory*)

Secara umum persediaan adalah sumber daya menganggur (*idle resource*). Sumber daya menganggur ini belum digunakan karena menunggu proses lebih lanjut. Proses lebih lanjut yang dimaksud dapat berupa kegiatan produksi, perawatan, maupun distribusi. Telah banyak definisi persediaan dikemukakan oleh para ahli, antara lain:

1. Persediaan adalah bahan mentah, bahan dalam proses (*work in process*), barang jadi, bahan pembantu, bahan pelengkap, komponen yang disimpan dalam antisipasinya terhadap pemenuhan permintaan<sup>[5]</sup>.
2. Persediaan berupa bahan baku, barang setengah jadi, dan barang jadi. Selain itu juga ada barang yang digunakan untuk pelaksanaan proses produksi maupun suku cadang yang digunakan untuk memelihara peralatan dan fasilitas<sup>[6]</sup>.
3. Persediaan didefinisikan sebagai material yang disimpan digudang untuk kebutuhan masa yang akan datang baik untuk digunakan maupun untuk keperluan penjualan<sup>[7]</sup>.

Dari definisi di atas, dapat disimpulkan bahwa persediaan adalah material berupa bahan baku, barang setengah jadi, atau barang jadi yang disimpan dalam suatu tempat atau gudang dimana barang tersebut menunggu untuk diproses atau diproduksi lebih lanjut untuk memenuhi permintaan dari konsumen atau pelanggan.

### 2.2.1 Penyebab Timbulnya Persediaan<sup>[8]</sup>

Persediaan merupakan suatu hal yang tak terhindarkan. Penyebab timbulnya persediaan adalah sebagai berikut:

1. Mekanisme pemenuhan atas permintaan.

Permintaan terhadap suatu barang tidak dapat dipenuhi seketika apabila barang tersebut tidak tersedia sebelumnya. Dalam pemenuhan permintaan tentunya memerlukan waktu untuk pembuatan dan pengiriman maka adanya persediaan merupakan hal yang sulit dihindarkan.

2. Keinginan untuk meredam ketidakpastian.

Ketidakpastian terjadi akibat permintaan yang bervariasi dan tidak pasti dalam jumlah maupun waktu kedatangan, waktu pembuatan yang cenderung tidak konstan antara satu produk dengan produk berikutnya, waktu tenggang (*lead time*) yang cenderung tidak pasti karena banyak faktor yang tidak dapat dikendalikan. Ketidakpastian ini dapat diredam dengan mengadakan persediaan.

3. Keinginan melakukan spekulasi yang bertujuan mendapatkan keuntungan besar dari kenaikan harga di masa mendatang.

### 2.2.2 Sistem Persediaan<sup>[8]</sup>

Sistem persediaan adalah suatu mekanisme mengenai bagaimana mengelola masukan-masukan yang berhubungan dengan persediaan menjadi *output*. Mekanisme sistem ini adalah pembuatan serangkaian kebijakan yang memonitor tingkat persediaan, menentukan persediaan yang harus dijaga, kapan persediaan harus diisi, dan berapa besar pesanan harus dilakukan. Sistem ini bertujuan menetapkan dan menjamin tersedianya persediaan dalam kuantitas dan waktu yang optimal. Kriteria optimal adalah minimasi biaya total yang terkait dengan persediaan.

Variabel keputusan dalam pengendalian persediaan dapat diklasifikasikan ke dalam variabel kuantitatif dan variabel kualitatif. Secara kuantitatif, variabel keputusan pada pengendalian sistem persediaan adalah sebagai berikut:

1. Berapa banyak jumlah barang yang akan dipesan atau dibuat.
2. Kapan pemesanan atau pembuatan harus dilakukan.
3. Berapa jumlah persediaan pengaman.
4. Bagaimana mengendalikan persediaan.

Secara kualitatif, masalah persediaan berkaitan dengan sistem pengoperasian persediaan yang akan menjamin kelancaran pengelolaan persediaan adalah sebagai berikut:

1. Jenis barang apa yang dimiliki.
2. Dimana barang tersebut berada.
3. Berapa jumlah barang yang sedang dipesan.
4. Siapa saja yang menjadi pemasok masing-masing *item*.

### **2.3 Reliability Centered Maintenance (RCM)<sup>[9]</sup>**

*Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan sebuah proses sistematis yang harus dilakukan untuk menjamin seluruh fasilitas fisik dapat beroperasi dengan baik sesuai dengan desain dan fungsinya. RCM merupakan suatu pendekatan perawatan yang mengkombinasikan praktek dan strategi dari *preventive maintenance* dan *corrective maintenance* untuk memaksimalkan umur dan fungsi sistem atau peralatan dengan biaya minimal. RCM pada dasarnya menjawab 7 pertanyaan utama akan fasilitas yang diteliti. Ketujuh pertanyaan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Apakah fungsi dari asset dan standar kinerja yang terkait dengan fungsi itu sesuai dengan konteks operasinya saat ini (*system function*)?
2. Bagaimana sistem tersebut dapat gagal memenuhi fungsinya (*functional failure*)?
3. Apa modus atau penyebab dari setiap kegagalan fungsi tersebut (*failure modes*)?
4. Apakah yang terjadi pada saat modus atau penyebab kegagalan tersebut muncul (*failure effect*)?
5. Bagaimana kegagalan tersebut berpengaruh (*failure consequences*)?
6. Tindakan apa yang dapat dilakukan untuk memprediksi atau mencegah setiap kegagalan (*proactive task*)?
7. Bagaimana jika tidak ditemukan tindakan proaktif yang sesuai (*default action*)?

### 2.3.1 Tujuan *Reability Centered Maintenance*<sup>[9]</sup>

Adapun tujuan dari RCM diantaranya adalah:

1. Mengembangkan desain yang sifat mampu dipeliharanya baik.
2. Memperoleh informasi penting untuk melakukan pengembangan pada desain awal yang kurang baik.
3. Mengembangkan sistem perawatan yang dapat mengembalikan pada keandalan dan keamanan seperti kondisi peralatan semula dari deteriorasi yang terjadi setelah sekian lama dioperasikan.
4. Mewujudkan semua tujuan diatas dengan biaya minimum.

### 2.3.2 Langkah-langkah Penerapan *Reliability Centered Maintenance*<sup>[10]</sup>

Langkah-langkah yang harus dilakukan sebelum proses RCM dimulai adalah:

1. Pemilihan Sistem Dan Pengumpulan Informasi (*System Selection And Information Collection*)

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pemilihan sistem, antara lain:

- a. Sistem yang mendapat perhatian yang tinggi adalah sistem yang berkaitan dengan masalah keselamatan dan lingkungan
- b. Sistem yang memiliki *preventive maintenance* dan atau biaya *preventive maintenance* yang tinggi.
- c. Sistem yang memiliki tindakan *corrective maintenance* dan atau biaya *corrective maintenance* yang tinggi.
- d. Sistem yang memiliki kontribusi yang besar atas terjadinya *full* atau *partial outage (shutdown)*.

Adapun dokumen atau informasi yang dibutuhkan dalam analisis RCM antara lain:

- a. *Piping&Instrumentation Diagram (P&ID)* merupakan ilustrasi skematik dari hubungan fungsi antara

perpipaan, instrumentasi, komponen peralatan dan sistem.

- b. *Schematic* atau *block diagram* merupakan sebuah gambaran dari sistem, rangkaian atau program yang masing-masing fungsinya diwakili oleh gambar kotak berlabel dan hubungan diantaranya digambarkan dengan garis penghubung.
- c. Vendor manual atau *manual book* merupakan dokumen data dan informasi mengenai desain dan operasi tiap peralatan dan komponen.
- d. *Equipment history* merupakan kumpulan data kegagalan komponen dan peralatan dengan data perawatan yang pernah dilakukan.

## 2. Pendefinisian Batas Sistem (*System Boundary Definition*)

Jumlah sistem dalam suatu fasilitas sangat banyak karena itu perlu dilakukan definisi batas sistem. Hal ini digunakan untuk mendefinisikan batasan-batasan suatu sistem yang akan dianalisis dengan RCM sehingga semua fungsi dapat diketahui dengan jelas. Perumusan *system boundary definition* yang baik dan benar akan menjamin keakuratan proses analisis sistem.

## 3. Deskripsi Sistem Dan Blok Diagram Fungsi (*System Description And Fuctional Block Diagram*)

Deskripsi sistem dan diagram blok merupakan representasi dari fungsi-fungsi utama sistem berupa blok-blok yang berisi fungsi-fungsi dari setiap subsistem yang menyusun sistem tersebut sehingga dibuat tahapan identifikasi detail dari sistem yang meliputi:

- a. Deskripsi sistem  
Uraian sistem yang menjelaskan cara kerja sistem serta penggunaan redundansi dan instrumen yang ada dalam sistem.
- b. *Fuctional Block Diagram*  
Interaksi antara satu blok diagram fungsi dengan blok diagram fungsi lainnya.



- c. Masukan dan keluaran sistem (*In&Out Interface*)  
 Penetapan batas-batas sistem dan pengembangan fungsi subsistem memungkinkan kita untuk melengkapi dan mendokumentasikan fakta dari elemen-elemen yang melintasi batas sistem. Elemen-elemen melintasi sistem dapat berupa energi, panas, sinyal, fluida, dan sebagainya. Beberapa elemen berperan sebagai *input* dan beberapa elemen berperan sebagai *output* yang melintasi batas sistem.
- d. *System Work Breakdown System* (SWBS)  
 SWBS digunakan untuk menggambarkan kelompok bagian-bagian peralatan yang menjalankan fungsi tertentu.

Setelah menentukan ketiga tahap tersebut, selanjutnya adalah menjawab ketujuh pertanyaan utama dalam RCM. Berikut adalah penjelasan dari ketujuh pertanyaan tersebut.

#### 1. Fungsi dan Standar Kinerja (*System Function*)

*System function* didefinisikan sebagai fungsi dari item yang diharapkan oleh pengguna tetapi masih berada dalam level kemampuan dari item tersebut sejak saat dibuat. Fungsi dibedakan menjadi dua yaitu *primary function* dan *secondary function*. *Primary function* merupakan alasan utama mengapa suatu sistem tersebut ada. Kategori ini meliputi kecepatan, hasil produksi, kualitas produk dan pelayanan pelanggan. Sedangkan *secondary function* merupakan kemampuan dari suatu sistem untuk dapat melakukan lebih dari sekedar memenuhi fungsi utamanya saja. *Secondary function* dibagi menjadi tujuh kategori yaitu *environmental*, *safety*, *control*, *appearance*, *protection*, *economy*, dan *superfluous function*.

## 2. Kegagalan Fungsi (*Functional Failure*)

Kegagalan didefinisikan sebagai ketidakmampuan untuk menjalankan fungsi sesuai dengan keinginan pengguna sedangkan kegagalan fungsi adalah ketidakmampuan sistem untuk memenuhi suatu fungsi pada suatu standar kinerja tertentu yang dapat diterima oleh pengguna. Terdapat dua kategori kegagalan dalam RCM yaitu kegagalan total dan kegagalan parsial. Kegagalan total merupakan suatu kejadian dimana sistem sama sekali tidak dapat memenuhi standar kinerja suatu fungsi yang dapat diterima oleh penggunaannya. Sedangkan kegagalan parsial dapat didefinisikan sebagai keadaan dimana suatu sistem dapat berfungsi namun tidak pada standar kinerja yang dapat diterima oleh penggunaannya atau keadaan dimana suatu sistem tidak dapat mempertahankan tingkat kualitas produk dari sistem tersebut.

## 3. Modus Kegagalan (*Failure Mode*)

*Failure mode* merupakan kejadian-kejadian yang mempunyai kemungkinan besar untuk menyebabkan setiap kegagalan. Kejadian yang mempunyai kemungkinan untuk menjadi *failure mode* adalah:

- a. Kejadian yang pernah terjadi sebelumnya pada peralatan yang sama atau serupa yang mempunyai konteks operasi sama.
- b. Kegagalan yang sekarang sedang diantisipasi oleh program perawatan yang ada.
- c. Kegagalan yang belum pernah terjadi tetapi diperkirakan dapat menjadi kenyataan di dalam konteks operasinya.
- d. Kegagalan yang bila terjadi dapat memberikan dampak yang sangat serius.

#### 4. Dampak Kegagalan (*Failure Effect*)

*Failure effect* mendeskripsikan apa yang akan terjadi jika *failure mode* terjadi. Penjelasan ini harus memasukkan semua informasi yang dibutuhkan dalam memberikan konsekuensi kegagalan tersebut, seperti:

- a. Apa bukti bahwa kegagalan tersebut pernah terjadi.
- b. Bagaimana cara kegagalan tersebut berpengaruh terhadap keselamatan, lingkungan, produksi dan operasi.
- c. Kerusakan fisik apa yang disebabkan oleh kegagalan tersebut.
- d. Cara memperbaiki jika terjadi kegagalan.

#### 5. Konsekuensi Kegagalan (*Failure Consequence*)

Konsekuensi kegagalan merupakan hal yang terpenting dalam proses RCM. RCM memahami benar bahwa satu-satunya alasan untuk melakukan berbagai macam *maintenance task* bukan untuk menghindari kegagalan itu sendiri namun untuk mengurangi konsekuensi dari kegagalan tersebut. Proses RCM mengklasifikasikan konsekuensi kegagalan sebagai berikut:

##### a. *Hidden Failure Consequence*

Kondisi ini terjadi apabila konsekuensi kegagalan yang terjadi dapat diketahui oleh operator dalam kondisi normal.

##### b. *Safety Consequence*

Kegagalan mempunyai konsekuensi operasional apabila kegagalan yang terjadi dapat melukai, membahayakan atau bahkan membunuh seseorang

##### c. *Environmental Consequence*

Kegagalan mempunyai konsekuensi lingkungan apabila kegagalan yang terjadi dapat melanggar peraturan atau standar lingkungan perusahaan, wilayah, nasional atau internasional.

d. *Operational Consequence*

Kegagalan mempunyai konsekuensi operasional apabila kegagalan yang terjadi dapat mempengaruhi kapabilitas operasional seperti hasil produksi, kualitas produksi, kepuasan pelanggan, dan biaya tambahan dalam perbaikan.

Proses RCM menggunakan kategori-kategori di atas sebagai dasar dalam pengambilan *maintenance task* yang sesuai.

6. *Proactive Task*

Selanjutnya RCM memusatkan perhatian kepada aktifitas perawatan atau *maintenance task* yang berpengaruh untuk mencegah atau mengatasi setiap *failure mode* yang terjadi. Teknik menangani kegagalan dibagi menjadi dua yaitu *proactive task* dan *default action*. *Proactive task* merupakan pekerjaan yang dilakukan sebelum terjadinya kegagalan untuk mencegah peralatan masuk dalam keadaan gagal. RCM membagi *proactive task* kedalam tiga kelompok berikut:

- a. *Scheduled restoration task* mencakup kegiatan rekondisi untuk mengembalikan kemampuan asal atau melakukan *overhaul* pada saat atau sebelum batas umur yang telah ditetapkan tanpa memandang kondisi komponen pada saat perbaikan. Kegiatan ini mencakup bentuk *interval based maintenance* dan *preventive maintenance*. Aktifitas perawatan ini dapat digunakan jika suatu komponen memenuhi keadaan-keadaan berikut:
  - Terdapat umur komponen yang dapat diidentifikasi dimana suatu komponen mengalami peningkatan yang cepat pada *probability of failure*.
  - Dapat dilakukan perbaikan untuk menanggulangi kegagalan yang terjadi.
- b. *Scheduled discard task* mencakup kegiatan untuk mengganti komponen dengan komponen baru pada

saat atau sebelum batas umur yang telah ditetapkan atau sesuai interval waktu tertentu tanpa memandang kondisi komponen saat penggantian. Aktivitas perawatan ini dapat digunakan jika suatu komponen memenuhi keadaan-keadaan berikut:

- Terdapat umur komponen yang dapat diidentifikasi dimana suatu komponen mengalami peningkatan yang cepat pada *probability of failure*.
  - Perlu dilakukan penggantian komponen dengan komponen baru untuk menanggulangi kegagalan yang terjadi.
- c. *Scheduled on condition task* mencakup kegiatan pengecekan sehingga dapat dilakukan untuk mengurangi atau menghilangkan konsekuensi kegagalan yang terjadi. Kegiatan ini mencakup semua bentuk *condition monitoring* dan *predictive maintenance*. Aktivitas perawatan ini dapat digunakan jika suatu komponen memenuhi keadaan-keadaan berikut:
- Suatu komponen dapat dideteksi potensi keagalannya dengan jelas.
  - Dapat dilakukan monitoring komponen.

## 7. *Default Action*

*Default action* adalah aktifitas yang dilakukan pada saat peralatan sudah masuk dalam keadaan gagal dan dipilih ketika tidak ditemukan *proactive task* yang efektif atau dengan kata lain perawatan atau penggantian baru dilakukan ketika komponen tersebut telah rusak. RCM membagi tiga kategori besar untuk *default action* yaitu sebagai berikut:

- a. *Failure Finding*, termasuk memeriksa fungsi tersembunyi untuk mengetahui apakah fungsi sudah mengalami kegagalan. Aktivitas ini hampir sama dengan *on condition task*, namun dilakukan saat sistem tersebut sudah gagal berfungsi. Aktivitas

perawatan ini dapat digunakan jika suatu komponen memenuhi keadaan-keadaan berikut:

- Terdapat kemungkinan untuk dilakukan aktifitas perawatan.
  - Aktifitas perawatan tidak meningkatkan resiko *multiple failure*.
- b. *Redesign*, mencakup perubahan dari kemampuan suatu sistem. Termasuk di dalamnya adalah modifikasi terhadap peralatan atau prosedur kerja. Aktifitas perawatan *redesign* dapat dilakukan dengan cara mengganti spesifikasi komponen, menambahkan komponen baru, mengganti mesin dengan tipe yang lain atau melakukan relokasi mesin.
- c. *No schedule maintenance*, tidak melakukan apapun untuk mengantisipasi atau mencegah modus kegagalan yang terjadi, dan kegagalan dibiarkan terjadi baru kemudian diperbaiki. Keadaan ini disebut juga dengan *run to failure*. Aktifitas perawatan ini dapat digunakan jika suatu komponen memenuhi keadaan-keadaan berikut:
- Tidak dapat ditemukan *scheduled task* yang sesuai dan kegagalan tidak memiliki konsekuensi keamanan dan lingkungan.
  - Biaya *preventive task* lebih besar daripada biaya jika komponen tersebut mengalami kegagalan.

## 2.4 Fungsi Laju Kegagalan<sup>[10]</sup>

Fungsi laju kegagalan ( $\lambda$ ) adalah banyaknya kegagalan persatuan waktu. Laju kegagalan dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara banyaknya kegagalan yang terjadi selama selang waktu tertentu dengan total waktu operasi komponen, subsistem dan sistem. Laju kegagalan dalam beberapa kasus dapat ditunjukkan sebagai penambahan (IFR), penurunan (DFR), atau konstan (CFR) pada saat  $\lambda(t)$  adalah fungsi penambahan,

penurunan atau konstan<sup>[10]</sup>. Fungsi laju kegagalan dapat diketahui dengan persamaan di bawah ini.

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.1)$$

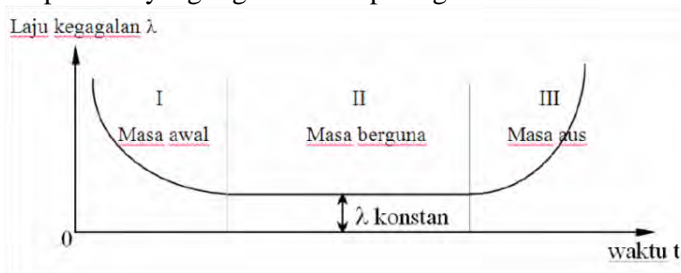
Dimana :

$\lambda(t)$  = *failure rate* selama jangka waktu operasi

$f(t)$  = banyaknya kegagalan selama jangka waktu operasi

$R(t)$  = *reliability* tiap waktu

Konsep laju kegagalan dilatarbelakangi oleh banyaknya komponen atau sistem yang menunjukkan perilaku mengikuti sebuah kurva yaitu kurva bak mandi (*bath-ub curve*). *Bath-ub curve* adalah konsep untuk mempresentasikan kegagalan dari berbagai komponen karena tingkat kegagalan ini berubah terhadap waktu yang digambarkan pada gambar



Gambar 2.1 *Bath-ub Curve*

Berdasarkan gambar di atas, sebuah komponen atau sistem akan bekerja dalam 3 fase pada kurva bak mandi, yaitu:

- Fase *burn-in* (masa awal)

Kondisi dimana terjadi penurunan laju kerusakan seiring dengan bertambahnya waktu yang diakibatkan karena tenaga kerja dibawah standar, pengendalian kualitas yang tidak memenuhi syarat, performansi material, desain yang tidak tepat dan kesalahan pemakaian. Kondisi tersebut berada pada periode 0 sampai  $t_1$  (permulaan bekerjanya peralatan). Kurva menunjukkan bahwa laju kerusakan terus menurun dengan bertambahnya waktu atau disebut *Decreasing Failure Rate* (DFR).

- Fase *Useful Life* (masa berguna)

Kondisi dimana laju kerusakan dari komponen yang ditimbulkan konstan. Pada periode  $t_1$  dan  $t_2$  laju kerusakan cenderung konstan atau tetap dan disebut *Constant Failure Rate* (CFR). Komponen menunjukkan  $\lambda(t)$  yang kurang lebih konstan (CFR). Kegagalan terjadi secara tidak wajar karena tegangan berlebih, beban acak lingkungan dan kesalahan manusia.

- Fase *Wearout* (masa aus)

Kondisi dimana mengalami peningkatan laju kegagalan dan penurunan fungsi dari suatu komponen. Pada periode  $t_2$  menunjukkan laju kerusakan dengan bertambahnya waktu yang disebut dengan *Increasing Failure Rate* (IFR).  $\lambda(t)$  menunjukkan peningkatan IFR, dimana peluang kegagalan komponen selama interval waktu yang sama berikutnya bertambah besar. Kegagalan diakibatkan oleh penuaan, korosi, gesekan, sehingga disebut fase pengausan atau *wearout* sehingga biasanya dilakukan penggantian untuk mengurangi pengaruh keausan.

## 2.5 Distribusi Laju Kegagalan<sup>[11]</sup>

Distribusi laju kegagalan berfungsi untuk mengetahui rentang kerusakan dari suatu peralatan yang nantinya dapat diajukan suatu penjadwalan perawatan. Dalam pembahasan teori keandalan, distribusi statistik yang banyak digunakan adalah distribusi kontinu karena distribusi ini sangat cocok untuk sistem yang beroperasi secara kontinu. Dalam distribusi kontinu terdiri atas distribusi normal, eksponensial, lognormal dan weibull.

### 2.5.1 Distribusi Normal<sup>[11]</sup>

Distribusi normal adalah salah satu jenis distribusi yang paling sering digunakan dalam menjelaskan sebaran data. *Probability density function* (PDF) dari distribusi normal adalah simetris terhadap nilai *mean* dan *dispersi* terhadap nilai rata-ratanya diukur dengan nilai standar deviasi. Parameter distribusi normal adalah *mean* dan standar deviasi. *Probability density function* distribusi normal yaitu:



$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2\right] \quad (2.2)$$

Fungsi keandalan distribusi normal yaitu:

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \quad (2.3)$$

*Cumulative density function* distribusi normal yaitu:

$$F(t) = \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \quad (2.4)$$

Laju kegagalan distribusi normal yaitu:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1-\Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)} \quad (2.5)$$

Waktu rata-rata kegagalan distribusi normal yaitu:

$$MTTF = \mu \quad (2.6)$$

### 2.5.2 Distribusi Lognormal<sup>[11]</sup>

*Probability density function* distribusi lognormal yaitu:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma t\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(t)-\mu}{\sigma}\right)^2\right] \quad (2.7)$$

Fungsi keandalan distribusi lognormal yaitu:

$$R(t) = \int_0^t \frac{1}{\sigma t\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(t)-\mu}{\sigma}\right)^2\right] dt \quad (2.8)$$

*Cumulative density function* distribusi lognormal yaitu:

$$F(t) = 1 - \int_0^t \frac{1}{\sigma t\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(t)-\mu}{\sigma}\right)^2\right] dt \quad (2.9)$$

Laju kegagalan distribusi lognormal yaitu:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.10)$$

Waktu rata-rata kegagalan distribusi lognormal yaitu:

$$MTTF = \exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right) \quad (2.11)$$

### 2.5.3 Distribusi Eksponensial<sup>[11]</sup>

*Probability density function* distribusi eksponensial yaitu:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (2.12)$$

Fungsi keandalan distribusi eksponensial yaitu:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.13)$$

*Cumulative density function* distribusi eksponensial yaitu:

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (2.14)$$

Laju kegagalan distribusi eksponensial yaitu:

$$\lambda(t) = \lambda \quad (2.15)$$

Waktu rata-rata kegagalan distribusi eksponensial yaitu:

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (2.16)$$

#### 2.5.4 Distribusi Weibull<sup>[11]</sup>

Distribusi weibull telah digunakan secara luas. Keuntungan dari distribusi ini adalah dapat digunakan untuk mempresentasikan banyak PDF dan dapat digunakan untuk variasi data yang luas. Distribusi weibull terbagi menjadi dua kelompok, yaitu distribusi weibull dua parameter dan distribusi weibull tiga parameter. Dinamakan distribusi weibull dua parameter karena didalamnya terdapat parameter bentuk ( $\beta$ ) yang menunjukkan kegagalan dari distribusi dan parameter skala ( $\eta$ ) yang berfungsi untuk menunjukkan usia karakteristik. Untuk distribusi weibull tiga parameter memiliki tiga parameter didalamnya, yaitu parameter bentuk ( $\beta$ ), parameter skala ( $\eta$ ) dan parameter lokasi ( $\gamma$ ).

##### 1. Distribusi weibull dua parameter

PDF dari distribusi weibull yaitu:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} \exp \left[ -\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta} \right] \quad (2.17)$$

Laju kegagalan distribusi weibull yaitu:

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad (2.18)$$

Fungsi keandalan distribusi weibull yaitu:

$$R(t) = \exp \left[ -\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta} \right] \quad (2.19)$$

*Cumulative density function* distribusi weibull yaitu:

$$F(t) = 1 - \exp \left[ -\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta} \right] \quad (2.20)$$

Waktu rata-rata kegagalan distribusi weibull yaitu:

$$MTTF = \eta \Gamma \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (2.21)$$

##### 2. Distribusi weibull tiga parameter

PDF dari distribusi weibull yaitu:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \exp \left[ - \left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta} \right] \quad (2.22)$$

Laju kegagalan distribusi weibull yaitu:

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad (2.23)$$

Fungsi keandalan distribusi weibull yaitu:

$$R(t) = \exp \left[ - \left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta} \right] \quad (2.24)$$

*Cumulative density function* distribusi weibull yaitu:

$$F(t) = 1 - \exp \left[ - \left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta} \right] \quad (2.25)$$

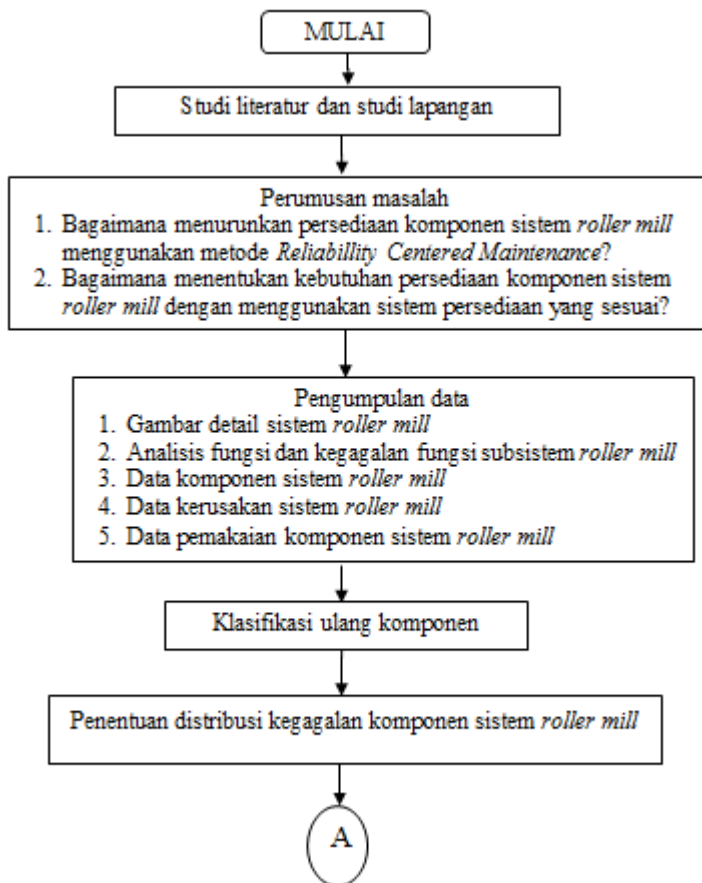
Waktu rata-rata kegagalan distribusi weibull yaitu:

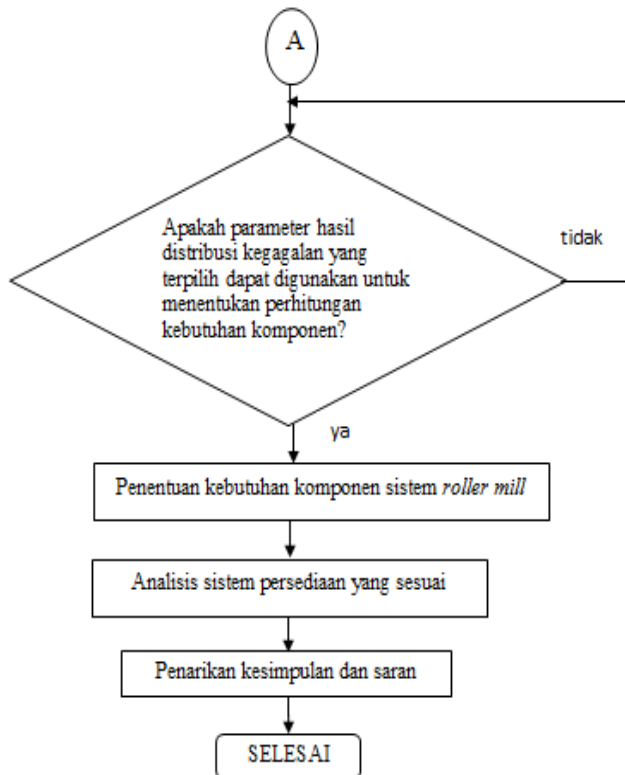
$$MTTF = to + \eta \Gamma \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (2.26)$$

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian Tugas Akhir ini dilaksanakan dengan mengikuti diagram alir penelitian sebagai berikut:





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

### 3.2 Metodologi Penelitian

Diagram alir penelitian pada gambar 3.1 di atas dijelaskan sebagai berikut.

#### 3.2.1 Studi Literatur, Studi Lapangan dan Identifikasi Permasalahan

Langkah awal dalam tugas akhir ini adalah studi lapangan ke PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Studi lapangan dilakukan untuk mengetahui kondisi perusahaan sehingga dapat dilakukan identifikasi permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir ini.

Tahap ini juga menyangkut area spesifik yang digunakan untuk mendapatkan data-data yang mendukung penelitian yaitu Departemen Teknik, Departemen Perawatan dan Departemen Perencanaan Pengendalian Persediaan PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Seiring dengan studi lapangan yang dilakukan juga diikuti dengan studi literatur. Studi literatur dilakukan untuk menggali informasi yang dapat mendukung penelitian, baik dari buku, jurnal maupun penelitian-penelitian sebelumnya. Adapun studi literatur yang dilakukan adalah mengenai sistem *roller mill* baik berupa gambar detail maupun fungsi subsistem dan komponen, metode *Realibility Centered Maintenance*, dan distribusi laju kegagalan.

### 3.2.2 Perumusan Masalah

Tahap selanjutnya adalah merumuskan masalah yang dijadikan objek dalam penelitian ini. Objek yang diteliti adalah komponen pada sistem *roller mill*. Alasan pemilihan sistem *roller mill* karena sistem ini mempunyai frekuensi *unscheduled downtime* paling tinggi di antara sistem lain pada unit pengolahan bahan. Oleh karena itu perlu dilakukan penentuan *maintenance task* yang tepat dan penentuan persediaan komponen agar nilai persediaan yang dikeluarkan menjadi seminimum mungkin.

### 3.2.3 Pengumpulan Data

Pada tahap ini data yang dikumpulkan mulai dari Januari 2011 sampai dengan Desember 2014. Data-data tersebut yaitu:

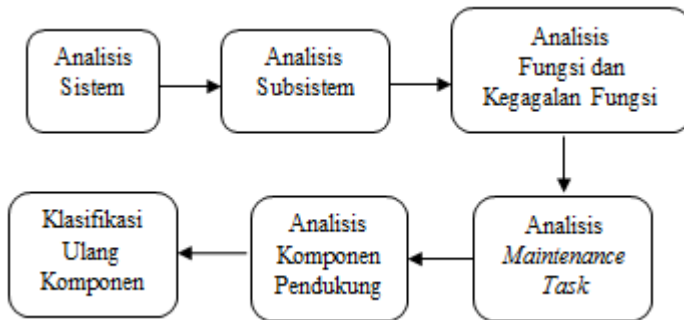
1. Gambar detail sistem *roller mill*
2. Analisis fungsi subsistem *roller mill*
3. Data komponen sistem *roller mill*
4. Data kegagalan sistem *roller mill*
5. Data pemakaian komponen sistem *roller mill*

### 3.2.4 Pengolahan Data

Setelah data yang diperlukan terkumpul, maka pengolahan data dilakukan sebagai berikut:

### 3.2.4.1 Reklasifikasi Komponen

Sebelum proses reklasifikasi maka terlebih dahulu dilakukan tahapan pada gambar 3.2 di bawah ini.



Gambar 3.2 Tahapan Reklasifikasi Komponen

#### a. Analisis Sistem

Pada tahap ini analisis dilakukan pada unit pengolahan bahan. Berbagai macam sistem beserta frekuensi *downtimanya* diperoleh sehingga dipilihlah sistem yang memiliki *unscheduled downtime* tertinggi yaitu sistem *roller mill*.

#### b. Analisis Subsistem

Selanjutnya analisis subsistem dilakukan dari sistem yang terpilih. Sistem *roller mill* terdiri dari subsistem yang digolongkan berdasarkan fungsinya. Tiap subsistem tersebut dijelaskan fungsinya sehingga dapat dibentuk suatu kesatuan subsistem yang menyusun sistem dalam suatu *functional block diagram*.

#### c. Analisis Fungsi dan Kegagalan Fungsi

Fungsi dan bentuk-bentuk kegagalan fungsi dari tiap subsistem ditentukan dan disusun dalam *RCM Information Worksheet*.

#### d. Analisis Maintenance Task

Setelah bentuk-bentuk kegagalan fungsi dari tiap-tiap subsistem diketahui maka selanjutnya *maintenance*

*task* yang tepat ditentukan menggunakan RCM *Decision Worksheet*.

e. Analisis Komponen Pendukung

Menentukan komponen-komponen pendukung saat aktifitas perawatan yang diperoleh dari data *work order* sistem *roller mill*, kemudian disusun dalam suatu *System Work Breakdown Structure* (SWBS) komponen dalam tiap subsistem tersebut.

f. Klasifikasi Ulang Komponen

Pada tahap ini, komponen-komponen *sistem roller mill* yang termasuk dalam SWBS dianalisis fungsi dan kebutuhannya dalam setiap aktifitas perawatan sehingga berguna dalam menentukan klasifikasi ulang komponen.

### 3.2.4.2 Penentuan Distribusi Kegagalan Komponen

Pada tahap ini penentuan distribusi`kegagalan dilakukan terhadap data kegagalan komponen *sistem roller mill* menggunakan *software reliasoft weibull* dan *easyfit*. Berikut ini merupakan langkah-langkah untuk mendapatkan distribusi kegagalan antara lain:

1. Penentuan *Time To Failure* (TTF)

Data waktu antar kegagalan (TTF) yang digunakan bersumber dari data *history* kegagalan sistem *roller mill* periode Januari 2011 sampai dengan Desember 2014.

2. Penentuan Distribusi Kegagalan

Setelah memasukkan data TTF pada *software* tersebut, kemudian distribusi yang sesuai beserta parameternya didapatkan yang berguna untuk menentukan laju kegagalan pada waktu tertentu serta penentuan kebutuhan komponen .

### 3.2.4.3 Penentuan Kebutuhan Komponen

Pada tahap ini penentuan kebutuhan komponen *sistem roller mill* dilakukan melalui tahapan sebagai berikut:

1. Menetapkan Parameter Input

Parameter input adalah parameter yang didapat dari hasil distribusi kegagalan.



## 2. Penentuan Jumlah Kebutuhan Komponen

Selanjutnya jumlah kebutuhan komponen sistem *roller mill* ditentukan dengan menggunakan distribusi laju kegagalannya.

### 3.2.5 Analisis Sistem Persediaan yang Sesuai

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap jumlah kebutuhan yang didapat dari pengolahan data, jumlah kebutuhan komponen dalam sistem serta persediaan yang ada di gudang saat ini sehingga sistem persediaan yang sesuai dapat diusulkan agar diperoleh nilai persediaan yang minimum.

### 3.2.6 Penarikan Kesimpulan dan Saran

Tahap ini merupakan tahap akhir dari penelitian Tugas Akhir. Pada tahap ini hasil yang dicapai diuraikan secara singkat setelah proses analisis dilakukan dan dijadikan sebagai kesimpulan. Selanjutnya diberikan saran-saran yang dapat membantu perusahaan maupun dalam penelitian lanjutan.

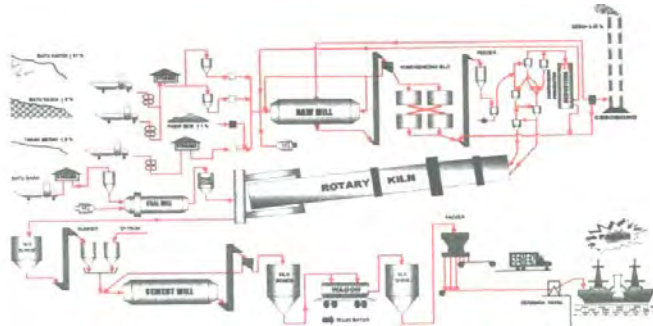
## **BAB IV**

### **PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS DATA**

Pada bab ini pengolahan data dilakukan agar reklasifikasi dan penentuan kebutuhan komponen dapat diperoleh. Proses pengolahan data diawali dengan mengidentifikasi proses produksi semen agar sistem yang dijadikan sebagai objek penelitian dapat diketahui. Objek penelitian tersebut dianalisis sistem dan subsistem pendukungnya. Analisis meliputi uraian fungsi tiap subsistem beserta aliran kerja antar fungsi subsistem yang membentuk satu kesatuan sistem. Selanjutnya *RCM Information Worksheet* yang berisi deskripsi fungsi, kegagalan fungsi dan modus kegagalan berserta efek kegagalan tiap subsistem dibentuk. Berdasarkan informasi tersebut *maintenance task* yang tepat untuk setiap modus kegagalan pada subsistem diperoleh melalui *tools* yang dinamakan *RCM Decision Worksheet*. Kemudian ditentukan komponen-komponen pendukung subsistem yang dibutuhkan dalam kegiatan perawatan sehingga dari komponen-komponen tersebut dapat dilakukan proses reklasifikasi. Dalam proses klasifikasi ini terdapat klasifikasi awal yang sudah ditetapkan oleh perusahaan yaitu komponen rutin dan komponen non-rutin, sedangkan proses reklasifikasi adalah mengubah komponen non-rutin menjadi komponen rutin berdasarkan kebutuhan yang diperlukan dalam setiap kegiatan perawatan. Tahap terakhir adalah menentukan distribusi kegagalan sehingga kebutuhan komponennya dapat diketahui.

#### **4.1 Identifikasi Proses Produksi Semen**

Penelitian ini diawali dengan mengidentifikasi sistem dan proses produksi semen untuk mengetahui karakteristik proses produksi dan peralatan yang digunakan. Secara umum proses produksi di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. dibagi menjadi 5 tahapan sesuai gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Proses Produksi Semen

### 1. Unit penyiapan bahan

Proses pembuatan semen diawali dengan pengambilan batu kapur di lokasi tambang sekitar pabrik. Batu kapur yang telah diangkut menggunakan truk tersebut dihancurkan dengan menggunakan mesin pemecah batu kapur atau yang biasa disebut dengan *chruser*. Di tempat lain, tanah liat ditambang dan diangkut ke lokasi pabrik dengan menggunakan alat transportasi. Setelah tanah liat dan batu kapur dihancurkan maka kedua bahan baku tersebut dicampur dan ditampung di tempat penyimpanan. Selain itu, pasir silika dan pasir besi juga disiapkan sesuai dengan kebutuhan.

### 2. Unit pengolahan bahan

Setelah semua bahan baku disiapkan maka selanjutnya adalah proses penggilingan bahan baku. Bahan baku ditentukan komposisinya terlebih dahulu oleh sistem komputer sebelum digiling. Proses penggilingan dilakukan pada *roller mill*. Hasil penggilingan tersebut disimpan dalam silo-silo pencampur hingga bahan mencapai kondisi homogen.

### 3. Unit pembakaran dan pendinginan

Hasil penggilingan dari silo pencampur dimasukkan ke alat pemanas awal atau biasa disebut *preheater* yang selanjutnya masuk ke dalam *rotary kiln*. Di *rotary kiln*, material tersebut dibakar pada suhu  $1350^{\circ}\text{C}$ – $1400^{\circ}\text{C}$ . Hasilnya

adalah butiran-butiran yang dinamakan terak atau *clinker*. Setelah dipanaskan di dalam suhu yang sangat tinggi, kemudian terak didinginkan secara mendadak di *cooler*. Terak disimpan dalam silo penyimpanan terak untuk selanjutnya masuk ke tahap penggilingan akhir.

#### 4. Unit penggilingan akhir

Pada tahap penggilingan akhir, terak digiling bersama dengan *gypsum* di *finish mill*. Hasil dari unit ini adalah semen Portland yang memiliki kehalusan sebesar 45 mikron. Semen tersebut dimasukkan ke dalam silo-silo penyimpanan semen yang kemudian masuk kedalam tahap pengemasan.

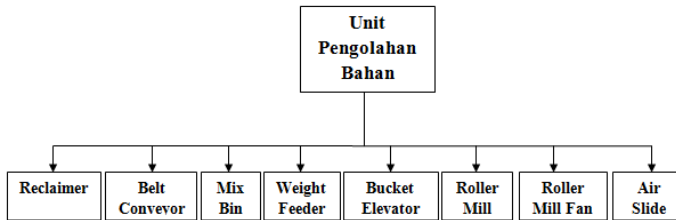
#### 5. Unit pengemasan semen

Pada tahap ini, semen dikemas menggunakan mesin *packer* dalam kemasan yang berbeda yaitu kemasan zak atau kantong, *jumbo bag*, atau bentuk curah yang selanjutnya akan didistribusikan melalui angkutan darat dan angkutan laut.

## 4.2 Reklasifikasi Komponen

### 4.2.1 Analisis Sistem

Tahapan pertama yaitu dilakukan analisis sistem. Proses analisis RCM dilakukan pada level sistem kemudian pada level komponen. Hal tersebut dikarenakan kegagalan fungsi suatu sistem biasanya dapat dilihat dari level sistem terlebih dahulu kemudian barulah dapat ditentukan pendukung fungsi sistem tersebut pada level komponen. Berdasarkan proses produksi semen di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. maka unit pengolahan bahan dipilih sebagai objek penelitian sehingga sistem-sistem pada unit tersebut dapat ditampilkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Sistem-Sistem Pada Unit Pengolahan Bahan

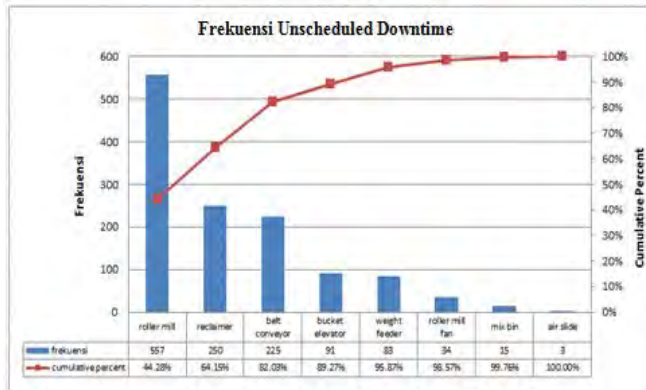
Proses pada unit pengolahan bahan dimulai dengan pengambilan bahan baku menggunakan *reclaimer*. Bahan baku tersebut diangkut dengan menggunakan *belt conveyor* dan diteruskan menuju *mix bin*. Terdapat 4 bin sebelum bahan baku memasuki *roller mill*, yaitu bin yang berisi campuran tanah liat dan batu kapur, bin yang berisi batu kapur koreksi, bin yang berisi pasir silica dan bin yang berisi pasir besi. Campuran batu kapur dan tanah liat, pasir silica dan pasir besi ditimbang oleh alat penimbang (*weight feeder*) dan ditambahkan dengan batu kapur koreksi agar didapatkan kualitas yang diinginkan. Bahan baku tersebut kemudian diangkut oleh *belt conveyor* menuju *roller mill*. Dalam *roller mill*, material dihancurkan dan digiling hingga menjadi produk yang memiliki kehalusan 90 mikron dengan kandungan air kurang dari 1%. Material yang sudah digiling keluar melalui *cyclone* dengan bantuan *raw mill fan*. Material yang keluar dari *roller mill* tetapi belum memiliki kehalusan yang sesuai standar dikembalikan lagi ke dalam *roller mill* menggunakan *bucket elevator*. Sebelum produk *roller mill* disimpan di silo, contoh produk diambil sebagian kecil untuk analisis. Pengambilan contoh produk dilakukan secara otomatis pada *air slide*.

Sistem-sistem pada unit pengolahan bahan bekerja secara berurutan dari proses pengambilan bahan baku hingga menjadi produk yang sudah digiling. Dalam berjalannya proses tersebut tentu pernah terjadi *downtime*, baik *scheduled downtime* maupun *unscheduled downtime*. *Downtime* adalah jumlah waktu dimana

suatu peralatan tidak dapat beroperasi disebabkan oleh kerusakan maupun kegiatan perawatan. *Scheduled downtime* biasanya terjadi karena adanya kegiatan perawatan seperti *overhaul* yang dilakukan perusahaan satu kali dalam setahun. *Unscheduled downtime* terjadi karena kerusakan peralatan yang terjadi saat mesin sedang beroperasi. *Unscheduled downtime* merupakan sumber utama yang menyebabkan hilangnya produktifitas pada sebagian besar perusahaan. Oleh karena itu, dengan mengurangi frekuensi *unscheduled downtime* sistem maka akan meningkatkan produktifitas suatu perusahaan. Frekuensi *unscheduled downtime* sistem pada plan 1 unit pengolahan bahan berdasarkan data lampiran 1 ditampilkan dalam tabel 4.1 dan gambar 4.3 di bawah ini.

Tabel 4.1 Frekuensi *Unscheduled Downtime* Sistem Pada Plan 1 Unit Pengolahan Bahan

Nama Sistem	Total Frekuensi Downtime	Kumulatif Total Frekuensi Downtime	Presentase Total Frekuensi Downtime	Persentase Kumulatif Total Frekuensi Downtime
Roller Mill	557	557	44.28%	44.28%
Reclaimer	250	807	19.87%	64.15%
Belt Conveyor	225	1032	17.89%	82.03%
Bucket Elevator	91	1123	7.23%	89.27%
Weight Feeder	83	1206	6.60%	95.87%
Roller Mill Fan	34	1240	2.70%	98.57%
Mix Bin	15	1255	1.19%	99.76%
Air Slide	3	1258	0.24%	100.00%



Gambar 4.3 Grafik Frekuensi *Unscheduled Downtime* Sistem Pada Plan 1 Unit Pengolahan Bahan

Pada gambar 4.3, diagram batang menunjukkan frekuensi *unscheduled downtime* sistem sedangkan diagram garis menunjukkan persentase kumulatif frekuensi *unscheduled downtime* sistem. Berdasarkan hal tersebut, sistem yang memiliki frekuensi *unscheduled downtime* tertinggi adalah sistem *roller mill* sehingga tahap selanjutnya adalah analisis subsistem.

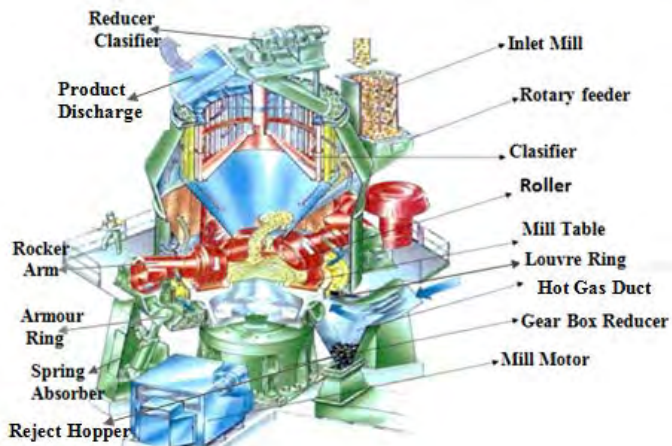
#### 4.2.2 Analisis Subsistem

Sistem *roller mill* PT. Semen Indonesia adalah *Vertical Roller Mill*. Sistem tersebut ditampilkan dalam gambar 4.4 yang disertai dengan spesifikasi serta ilustrasi sistem *roller mill* yang ditampilkan dalam gambar 4.5.

- Buatan : Fuller
- Tipe : Loesche dengan size LM 59,42
- Kapasitas : 570 ton/jam (*dry basis*)
- Penggerak utama : Flender Planetary Gear Reducer type KMP 750
- Power motor drive : 4.000 Kw, 1.000 rpm, 6.000 volt DC-SCR



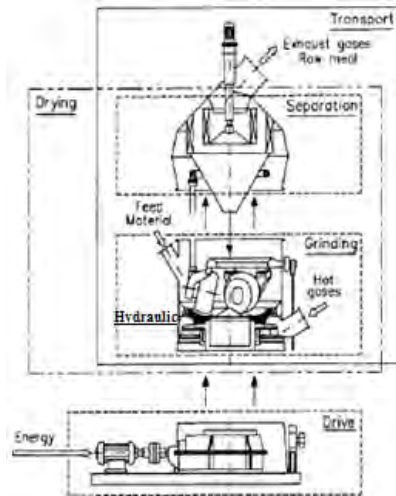
Gambar 4.4 *Vertical Roller Mill* PT. Semen Indonesia<sup>[12]</sup>



Gambar 4.5 Ilustrasi *Sistem Roller Mill*<sup>[12]</sup>

Sistem *roller mill* digolongkan berdasarkan fungsi subsistem sehingga empat subsistem didapatkan dan ditampilkan dalam gambar 4.6.

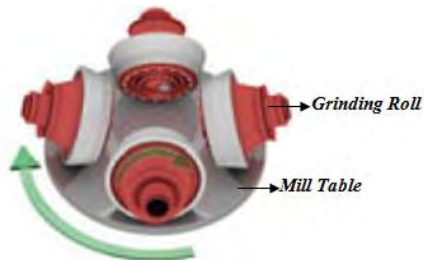




Gambar 4.6 Subsistem *Roller Mill*<sup>[12]</sup>

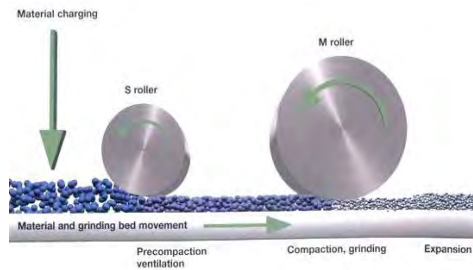
### 1. *Grinding Subsystem*

Pada subsistem ini terjadi proses penggilingan material hingga ukuran maksimal 90 $\mu$ m. Penggilingan menggunakan gaya *centrifugal* dimana material diumpungkan dari atas (*rotary feeder*) akan terlempar ke *mill table* dan tergerus oleh *roller* karena putaran dari *mill table* itu sendiri. *Mill Table* adalah tempat dimana material mengalami proses penggilingan dengan bantuan empat buah *roller* sesuai gambar 4.7.



Gambar 4.7 *Grinding Roll* dan *Mill Table*<sup>[13]</sup>

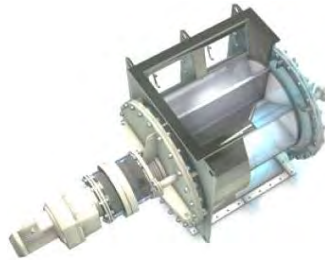
Dasar proses penggilingan pada *sistem roller mill* sesuai gambar 4.8 adalah terdapat material berukuran besar yang dipaksa untuk melewati permukaan yang sempit dengan tekanan tertentu sehingga himpitan terjadi terhadap material tersebut yang mengakibatkan terjadi perubahan ukuran material menjadi lebih kecil atau halus.



Gambar 4.8 Ilustrasi Penggilingan<sup>[13]</sup>

## 2. *Drying&Transportating Subsystem*

Pada subsistem ini terjadi proses pengangkutan atau pengumpanan material secara kontinu menggunakan *rotary feeder* sesuai gambar 4.9. Fungsi utama dari *rotary feeder* adalah membawa material masuk tanpa ada udara luar yang ikut masuk ke dalam *roller mill*. Udara luar yang terbawa ke dalam *roller mill* diharapkan seminimal mungkin karena temperatur udara luar relatif masih dingin, sedangkan proses penggilingan di dalam *roller mill* membutuhkan panas untuk pengeringan material.



Gambar 4.9 Rotary Feeder<sup>[13]</sup>

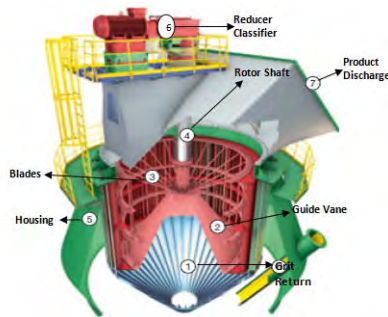
Material mengalami pengeringan dengan target kadar *moisture* maksimal 1%. Proses pengeringan ini memanfaatkan gas panas sisa dari *preheater kiln* yang kontak langsung dengan material yang digiling. Selain itu, gas panas juga berfungsi untuk mengangkat material produk yang halus.

Aliran udara panas dari *hot gas duct* diarahkan masuk ke dalam *roller mill* melalui sisi bawah kiri dan kanan menggunakan *louvre ring* dan *armour ring*. *Louvre ring* mengarahkan udara panas masuk ke *roller mill* secara radial maupun vertikal dan juga sebagai celah turunnya *coarse material* ke *reject hopper*. *Armour ring* mengarahkan udara panas secara horizontal menuju *centre mill table* dan juga sebagai pelindung *mill body* sisi bawah dari hampasan material dan gas panas.

Putaran *mill table* secara otomatis membuat material yang lebih kasar akan mudah terlempar keluar ke dalam lubang *louvre ring* sehingga mengakibatkan penumpukan. Tumpukan material tersebut dipindahkan oleh *scrapper reject* ke *reject hopper* yang kemudian disirkulasi ulang ke dalam *roller mill* dengan menggunakan *belt conveyor* dan *bucket elevator*. Selanjutnya, material *reject* tersebut digiling ulang bersama *fresh material*.

### 3. *Separating Subsystem*

Pada subsistem ini material yang telah mengalami proses penggilingan selanjutnya dilakukan proses pemisahan material halus dan kasar dengan menggunakan *classifier* sesuai gambar 4.10. Fungsi utama *classifier* adalah mengendalikan ukuran material yang boleh keluar dari *roller mill*. Material yang keluar berukuran hingga  $1\mu\text{m}$ . *Classifier* ini dioperasikan dengan kecepatan putar yang disesuaikan kebutuhan. Semakin cepat putaran operasi *classifier* maka semakin halus produk yang dihasilkan.



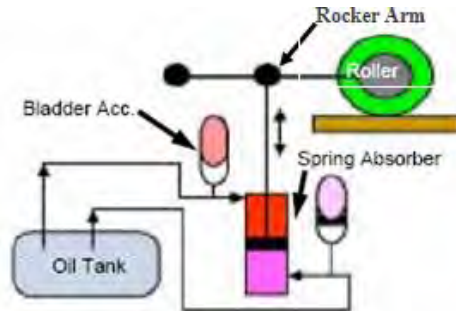
Gambar 4.10 *Classifier*<sup>[13]</sup>

Material yang sudah tergiling halus (*fine material*) dan ukurannya sudah sesuai kebutuhan terbawa keluar bersama gas panas melalui *guide vane* menuju *product discharge*. Sementara material yang ukurannya belum sesuai kebutuhan (*coarse material*) dikembalikan menuju *mill table* untuk dilakukan penghalusan kembali melalui *grit return*.

### 4. *Hydraulic Subsystem*

Subsistem ini berfungsi mengontrol tekanan dan vibrasi pada *roller mill*. Saat proses penggilingan material, masing-masing *roller* didesain untuk menekan material tersebut melalui *spring absorber* yang dikontrol oleh *Hydraulic Spring System* (HSS) sesuai gambar 4.11. *Spring absorber*

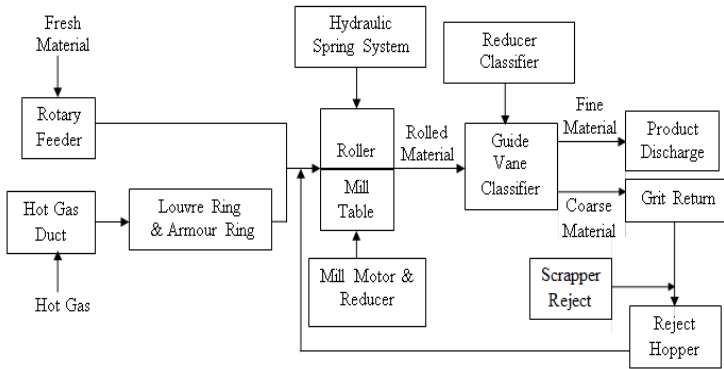
dihubungkan oleh *rocker arm* sebagai tempat duduknya *roller*. Selain itu, *bladder accumulator* yang berisi gas nitrogen juga dipasang pada *spring absorber* untuk meredam *shock load* yang terjadi saat operasi.



Gambar 4.11 Ilustrasi *Hydraulic Spring System*<sup>[13]</sup>

Seperti ilustrasi diatas, HSS mengontrol perubahan posisi naik atau turun *roller* dengan batas yang telah ditetapkan. Sistem ini dibuat paralel agar beban pada *ginding area* menjadi rata dan *roller* tetap dapat berjalan untuk menggiling material diatas *mill table*.

Berdasarkan uraian subsistem di atas, *Functional Block Diagram* (FBD) dikembangkan sesuai gambar 4.12. *Functional Block Diagram* berfungsi untuk menjelaskan hubungan dan aliran kerja antar fungsi subsistem yang membentuk suatu sistem serta untuk memperjelas ruang lingkup analisis sehingga proses analisis fungsi dan kegagalan fungsi dapat dilakukan dengan mudah.



Gambar 4.12 FBD Sistem *Roller Mill*

Berdasarkan gambar 4.12 diketahui bahwa sistem *roller mill* berfungsi mengeringkan material dengan kandungan air kurang dari 1% dan menggiling material menjadi ukuran 90 mikron untuk tahapan proses pada unit pembakaran dan pendinginan. Proses ini diawali dengan masuknya material melalui *rotary feeder* dan masuknya gas panas melalui *hot gas duct* yang diarahkan oleh *louvre ring* dan *armour ring* menuju *roller mill*. Dalam *roller mill* terjadi proses penggilingan pada *mill table* dan 4 buah *roller* sehingga menghasilkan *rolled material*. Pada proses penggilingan tersebut, getaran dan tekanan yang terjadi dikontrol oleh *Hidraulic Spring System*. *Rolled material* tersebut selanjutnya mengalami pemisahan berdasarkan ukurannya oleh *guide vane classifier*. *Rolled material* yang ukurannya sudah sesuai standar (*fine material*) dikeluarkan ke *product discharge* sedangkan *rolled material* yang ukurannya belum sesuai standar (*coarse material*) diletakkan dalam *reject hopper* dengan bantuan *scraper reject* melalui *grit return classifier*. *Coarse material* tersebut kemudian dikembalikan ke dalam *roller mill* untuk digiling kembali hingga ukurannya sesuai dengan standar.

#### 4.2.3 Analisis Fungsi dan Kegagalan Fungsi

Berdasarkan *Functional Block Diagram* di atas, selanjutnya kegagalan fungsi, modus kegagalan fungsi dan efek kegagalan fungsi dari tiap-tiap subsistem ditentukan. Analisis menggunakan *RCM Information Worksheet* sesuai tabel 4.2.

Tabel 4.2 Analisis *RCM Information Worksheet*

<b>RCM INFORMATION WORKSHEET</b>			
<i>Function</i> (fungsi)	<i>Functional Failure</i> (kegagalan fungsi)	<i>Failure Mode</i> (modus kegagalan)	<i>Failure Effect</i> (efek kegagalan)

Fungsi (*function*) subsistem didefinisikan sebagai kemampuan yang dapat dilakukan oleh suatu subsistem sesuai konteks operasionalnya untuk memenuhi standar kinerja yang diharapkan. Kegagalan fungsi (*functional failure*) subsistem didefinisikan sebagai ketidakmampuan subsistem dalam menjalankan fungsi sesuai konteks operasionalnya sehingga tidak dapat memenuhi standar kinerja yang diharapkan. Modus kegagalan (*failure mode*) didefinisikan sebagai kejadian-kejadian yang mempunyai kemungkinan besar untuk menyebabkan kegagalan fungsi. Efek kegagalan (*failure effect*) didefinisikan sebagai dampak dari *failure mode* yang terjadi terhadap subsistem maupun sistem.

Sesuai *brainstorming* dan diskusi dengan pihak Departemen *Maintenance* PT. Semen Indonesia, keempat hal tersebut dideskripsikan dan dimasukkan ke dalam *RCM Information Worksheet* untuk masing-masing subsistem *roller mill*. Selanjutnya, *RCM Information Worksheet* untuk masing-masing subsistem dapat dilihat pada tabel 4.3 sampai dengan tabel 4.6.

Tabel 4.3 *RCM Information Worksheet Grinding Subsystem*

<b>RCM INFORMATION WORKSHEET</b>			
<i>Function</i>	<i>Functional Failure</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>
(1) Menggiling material hingga ukuran maksimal 90 mikron	(A) Ukuran material yang digiling lebih dari 90 mikron	(1) Gap (jarak) antara permukaan <i>mill table</i> dengan <i>roller</i> terlalu lebar	Proses penggilingan material tidak maksimal
		(2) Keausan <i>liner mill table</i> dan <i>liner roller</i>	Ketebalan <i>mill table</i> berkurang
			Ketebalan permukaan <i>roller</i> berkurang
		(3) Gap (jarak) antara permukaan <i>mill table</i> dengan <i>roller</i> terlalu sempit	<i>Liner mill table</i> pecah
			<i>Tire roller</i> pecah
	(B) Kurangnya material pada <i>mill table</i>	(1) Pengaturan <i>dam ring</i> terlalu rendah	Vibrasi tinggi
	(C) Banyaknya material yang masih tinggal di atas <i>mill</i>	(1) Pengaturan <i>dam ring</i> terlalu tinggi	<i>Power motor</i> terlalu tinggi dan efisiensi penggilingan menjadi rendah



	<i>table</i>		
	(D) Kebocoran <i>oil</i> pada <i>roller</i>	(1) Kerusakan <i>seal</i>	<i>Circulating oil</i> pelumas tidak maksimal
	(E) Kerja <i>bearing roller</i> tidak maksimal	(1) Kerusakan <i>seal</i>	Terdapat debu atau material halus yang masuk
	(F) <i>Roller</i> macet/ atau tidak bisa berputar	(1) Baut <i>thrust plate</i> putus	Mematikan sistem

Tabel 4.4 *RCM Information Worksheet Drying&Transportating Subsystem*

<b><i>RCM INFORMATION WORKSHEET</i></b>			
<i>Function</i>	<i>Functional Failure</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>
(1) Membawa material masuk ke <i>roller mill</i> tanpa ada udara luar yang ikut masuk	(A) Inlet atau masukan buntu atau macet	(1) Terdapat benda asing yang terjepit di <i>blade</i>	Pengumpanan tidak berjalan
	(B) <i>Overload</i> material	(1) Keausan <i>rotor blade</i>	<i>Rotor blade</i> patah
	(C) <i>Feed rate</i> terlalu tinggi	(1) Keausan <i>blade</i>	Vibrasi diluar normal
	(D) <i>Liner</i>	(1)	Udara luar

	<i>rotor blade</i> dan <i>liner housing</i> tidak berfungsi	Kearifan <i>liner rotor blade</i> dan <i>liner housing</i>	bisa masuk
	(E) Kadar udara pada <i>feed material</i> tinggi	(1) Masuknya udara luar	Penggumpalan material di <i>mill table</i>
(2) Mengarahkan gas panas masuk ke <i>roller mill</i>	(A) Perubahan sudut <i>armour ring</i> dan <i>louvre ring</i>	(1) Kearifan <i>armour ring</i> dan <i>louvre ring</i>	Distribusi gas panas tidak merata
	(B) <i>Wear rate armour ring</i> dan <i>louvre ring</i> tinggi	(1) <i>Air flow</i> pada <i>armour ring</i> dan <i>louvre ring</i> terlalu tinggi	Mudah aus
	(C) Gas panas tidak masuk ke <i>roller mill</i>	(1) <i>Air flow</i> pada <i>armour ring</i> dan <i>louvre ring</i> terlalu rendah	Kadar air tinggi pada material
	(D) <i>Baut liner</i> lepas/hilang	(1) Seringnya <i>baut liner</i>	<i>Armour ring</i> dan <i>louvre ring</i> pecah

		terkena hempasan material	
(3) Memindah kan tumpukan <i>coarse material</i> ke <i>reject hopper</i>	(A) <i>Coarse material</i> tidak masuk ke <i>reject hopper</i>	(1) Retaknya las-lasan <i>scraper reject</i> (2) Putusnya <i>bolt</i> sabuk <i>scraper</i>	Patah atau lepasnya <i>blade scraper</i>

Tabel 4.5 RCM Information Worksheet Separating Subsystem

<b>RCM INFORMATION WORKSHEET</b>			
<i>Function</i>	<i>Functional Failure</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>
(1) Mengendalikan ukuran material yang keluar dari <i>roller mill</i> setelah proses penggilingan dengan cara memisahkan material ( <i>fine material</i> dan <i>coarse material</i> )	(A) Putaran <i>blade</i> tidak maksimal	(1) Keausan pada <i>rotor blade</i>	- Material yang dihasilkan terlalu kasar - Banyak material <i>reject</i>
		(2) Keausan pada <i>guide vane</i>	
		(3) Keausan pada <i>outer seal</i> dan <i>inner seal</i>	Pelumasan bearing penyangga buruk
		(4) <i>Missalignment</i> pada <i>coupling</i>	Vibrasi tinggi
		(5) <i>Blade classifier</i> yang <i>unbalance</i>	Vibrasi tinggi

Tabel 4.6 RCM Information Worksheet Hydraulic Subsystem

<b>RCM INFORMATION WORKSHEET</b>			
<i>Function</i>	<i>Functional Failure</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>
(1) Menjaga tekanan, vibrasi dan meredam <i>shock load</i> yang terjadi pada <i>roller mill</i>	(A) Terbatasnya gerakan <i>spring absorber</i>	(1) Rusak atau bocornya <i>flanges bladder accumulator</i>	Vibrasi berlebihan (diatas 12mm/detik) pada <i>roller mill</i>
		(2) Kurangnya pelumasan	
		(3) <i>Thrust plate rocker arm</i> putus	
		(4) Bocornya <i>seal manifold</i>	
	(B) <i>Circulating oil</i> tidak bekerja maksimal	(1) Filter pelumasan buntu	Tekanan menjadi rendah (dibawah 23 kg/cm <sup>2</sup> )
		(2) Terdapat material asing yang masuk pada <i>filter</i>	
		(3) Rusaknya pompa	
	(C) Putusnya	(1) Pecahnya	Tekanan menjadi tinggi

	<i>rod spring absorber</i>	<i>bladder accumulator</i>	(diatas 27 kg/cm <sup>2</sup> )
		(2) Pecahnya <i>gauge pressure spring absorber</i>	

4.2.4 Analisis Maintenance Task

Pada tahap ini analisis *maintenance task* ditentukan menggunakan *RCM Decision Worksheet* dan *RCM Information Worksheet* yang telah didefinisikan sebelumnya. Analisis sesuai tabel 4.7 digunakan untuk mencari *maintenance task* yang tepat dan memiliki kemungkinan untuk dapat mengatasi setiap *failure mode* yang terjadi pada tiap-tiap subsistem.

Tabel 4.7 Analisis RCM Decision Worksheet

Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task
							S1	S2	S3					
							O1	O2	O3					
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4		

Kolom *information reference* menunjukkan identitas *RCM Information Worksheet* yang dianalisis, yaitu *Failure* (F), *Functional Failure* (FF) dan *Failure Mode* (FM). Kolom *consequence evaluation* merupakan evaluasi konsekuensi kegagalan atau dampak yang ditimbulkan jika kegagalan terjadi. Terdapat beberapa konsekuensi atau dampak yang ditimbulkan, yaitu *hidden failure consequences* (H) pada kolom 4, *safety consequences* (S) pada kolom 5, *environmental consequences* (E) pada kolom 6 dan *operational consequences* (O) pada kolom 7. Kolom 4 sampai dengan kolom 7 tersebut dapat diisi dengan Yes (Y) apabila *failure mode* mempunyai dampak atau konsekuensi pada masing-masing aspek tersebut dan dapat diisi No (N) apabila sebaliknya.

Suatu kegagalan digolongkan dalam *hidden failure consequences* apabila *failure mode* yang terjadi dapat diketahui oleh operator dalam kondisi normal. Suatu kegagalan digolongkan dalam *safety consequences* apabila *failure mode* yang terjadi dapat melukai, membahayakan atau bahkan membunuh seseorang. Suatu kegagalan digolongkan dalam *environmental consequences* apabila *failure mode* yang terjadi dapat melanggar peraturan atau standar lingkungan perusahaan, wilayah atau internasional. Suatu kegagalan digolongkan dalam *operational consequences* apabila *failure mode* yang terjadi dapat mempengaruhi kapabilitas operasional seperti hasil produksi, kualitas produksi, kepuasan pelanggan, dan biaya tambahan dalam perbaikan.

Hasil analisis *consequence evaluation* digunakan untuk menentukan strategi perawatan efektif yang terdapat pada kolom 8 sampai dengan kolom 13. Teknik menangani kegagalan ini dibagi menjadi dua kategori, yaitu pada kolom 8 sampai dengan 10 yang disebut dengan *proactive task* dan kolom 11 sampai dengan 13 yang disebut dengan *default action*. *Proactive task* adalah pekerjaan yang dilakukan untuk mencegah kegagalan pada peralatan sebelum terjadinya kegagalan. Sedangkan *default action* adalah kegiatan yang dilakukan pada saat peralatan sudah mengalami kegagalan dan dipilih ketika tidak ditemukan *proactive task* yang efektif.

Kolom 8 sampai dengan kolom 10 digunakan untuk menentukan salah satu kebijakan *proactive task* yang sesuai untuk masing-masing *failure mode* yang terjadi. Pada kolom 8 (H1/S1/O1/N1) dapat diisi dengan Yes (Y) apabila *scheduled on condition task* merupakan kebijakan perawatan yang sesuai untuk mengantisipasi atau mencegah *failure mode* yang terjadi dan diisi No (N) apabila sebaliknya. *Scheduled on condition task* mencakup kegiatan pengecekan sehingga konsekuensi kegagalan yang terjadi dapat hilang atau berkurang. Kegiatan ini mencakup semua bentuk *condition monitoring* dan *predictive maintenance*.

Kolom 9 (H2/S2/O2/N2) dapat diisi dengan Yes (Y) apabila *scheduled restoration task* merupakan kebijakan perawatan yang sesuai untuk mengantisipasi atau mencegah *failure mode* yang terjadi dan diisi No (N) apabila sebaliknya. *Scheduled restoration task* mencakup kegiatan rekondisi komponen untuk mengembalikan kemampuan asal atau melakukan *overhaul* pada saat atau sebelum batas umur yang telah ditetapkan tanpa memandang kondisi komponen pada saat perbaikan. Kegiatan ini mencakup *interval based maintenance* dan *preventive maintenance*.

Kolom 10 (H3/S3/O3/N3) dapat diisi dengan Yes (Y) apabila *scheduled discard task* merupakan kebijakan perawatan yang sesuai untuk mengantisipasi atau mencegah *failure mode* yang terjadi dan diisi No (N) apabila sebaliknya. *Scheduled discard task* mencakup kegiatan untuk mengganti komponen dengan komponen baru pada saat atau sebelum batas umur yang telah ditetapkan atau sesuai interval waktu tertentu tanpa memandang kondisi komponen saat penggantian.

Apabila pada kolom 8 sampai dengan kolom 10 terisi No (N) maka salah satu *default action* yang sesuai dapat dipilih pada kolom 11 sampai dengan kolom 13 untuk masing-masing *failure mode* yang terjadi. Kolom 11 (H4) dapat diisi dengan Yes (Y) apabila *failure finding task* merupakan kebijakan perawatan yang sesuai untuk menangani *failure mode* yang terjadi dan diisi No (N) apabila sebaliknya. *Failure finding task* merupakan kegiatan memeriksa fungsi tersembunyi untuk mengetahui apakah komponen tersebut sudah mengalami kegagalan. Kolom 12 (H5) dapat diisi dengan Yes (Y) apabila *redesign* merupakan kebijakan perawatan yang sesuai untuk menangani *failure mode* yang terjadi dan diisi No (N) apabila sebaliknya. *Redesign* mencakup modifikasi atau perubahan kemampuan suatu sistem termasuk perubahan peralatan dan prosedur kerja. Kolom 13 (S4) merupakan kolom terakhir yang merupakan *no scheduled maintenance*. *No scheduled maintenance* adalah tindakan tidak melakukan perawatan apapun atau membiarkan peralatan sampai

rusak baru diperbaiki. Hal ini dilakukan karena konsekuensi kegagalan tidak berpengaruh terhadap apapun. Hal ini merupakan kasus dimana konsekuensi kegagalan yang terjadi berpengaruh secara ekonomis. Dengan kata lain, biaya yang dikeluarkan akan lebih mahal jika dilakukan aktifitas perawatan atau pencegahan daripada memperbaiki peralatan ketika benar-benar rusak sehingga pada kolom *proposed task* dapat ditentukan *maintenance task* yang paling tepat.

Berdasarkan hasil *brainstorming* dan diskusi dengan pihak Departemen *Maintenance* PT. Semen Indonesia maka *maintenance task* yang tepat ditentukan dengan menggunakan *RCM Decision Worksheet* untuk masing-masing subsistem pada sistem *roller mill*. Dari 8 *failure mode* yang terjadi pada *grinding subsystem* terdapat 5 *failure mode* dapat dicegah dengan *scheduled on condition task*, 1 *failure mode* dapat dicegah dengan *scheduled restoration task* dan 2 *failure mode* dapat dicegah dengan *scheduled discard task*. Pada *drying* dan *transportating subsystem* terdapat 11 *failure mode* yang terjadi, 3 *failure mode* dapat dicegah dengan *scheduled on condition task*, 4 *failure mode* dapat dicegah dengan *scheduled restoration task*, 2 *failure mode* dapat dicegah dengan *scheduled discard task* dan 2 *failure mode* dapat dilakukan dengan *no scheduled maintenance*. *No scheduled maintenance* tersebut dilakukan karena harga penggantian komponen ketika mengalami kerusakan dinilai lebih ekonomis dibanding harus melakukan kegiatan perawatan atau pencegahan. Pada *separating subsystem* terdapat 5 *failure mode* yang terjadi, 2 *failure mode* dapat dicegah dengan *scheduled on condition task*, 1 *failure mode* dapat dicegah dengan *scheduled restoration task* dan 2 *failure mode* dapat dicegah dengan *scheduled discard task*. Sedangkan 9 *failure mode* yang terjadi pada *hydraulic subsystem*, terdapat 1 *failure mode* dapat dicegah dengan *scheduled on condition task*, 3 *failure mode* dapat dicegah dengan *scheduled restoration task* dan 5 *failure mode* dapat dicegah dengan *scheduled discard task*.



*Maintenance task* untuk masing-masing subsistem secara lengkap ditampilkan dalam tabel 4.8 sampai dengan tabel 4.11.

Tabel 4.8 RCM *Decision Worksheet Grinding Subsystem*

<i>Information Reference</i>			<i>Consequence Evaluation</i>				H1	H2	H3	<i>Default Action</i>			<i>Proposed Task</i>
							S1	S2	S3				
							O1	O2	O3				
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4	
1	A	1	Y	N	N	Y	Y						Setel gap yang sesuai, <i>scheduled on condition task</i>
1	A	2	Y	N	N	Y	N	Y					Rekondisi liner table dan tyre saat overhaul, <i>scheduled restoration task</i>
1	A	3	Y	N	N	Y	Y						Setel gap yang sesuai, <i>scheduled on condition task</i>
1	B	1	Y	N	N	Y	Y						Pengaturan feed yang sesuai, <i>scheduled on condition task</i>
1	C	1	Y	N	N	Y	Y						Pengaturan feed yang sesuai, <i>scheduled on condition task</i>
1	D	1	Y	N	N	N	N	N	Y				Penggantian seal grinding roller, <i>scheduled discard task</i>
1	E	1	Y	N	N	N	N	N	Y				Penggantian seal grinding roller, <i>scheduled discard task</i>
1	F	1	Y	Y	N	Y	Y						Pengecekan grinding roller, <i>scheduled on condition task</i>

Tabel 4.9 RCM Decision Worksheet Drying&amp;Transportating Subsystem

Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task
							S1	S2	S3					
							O1	O2	O3					
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4		
1	A	1	Y	N	N	N	N	Y						Keluarkan benda asing yang terjepit, <i>scheduled restoration task</i>
1	B	1	Y	N	N	Y	N	Y						Rewelding rotor blade, <i>scheduled restoration task</i>
1	C	1	Y	N	N	N	Y							Atur feed rate yang sesuai, <i>scheduled on condition task</i>
1	D	1	Y	N	N	Y	N	N	Y					Ganti liner blade atau housing saat overhaul, <i>scheduled discard task</i>
1	E	1	Y	N	N	Y	N	Y						Rekondisi liner blade & liner housing, <i>scheduled restoration task</i>
2	A	1	N	N	N	Y	N	N	Y					Ganti armour ring saat overhaul, <i>scheduled discard task</i>
2	B	1	N	N	N	N	Y							Pengecekan air flow, <i>scheduled on condition task</i>
2	C	1	N	N	N	Y	Y							Pengecekan air flow, <i>scheduled on condition task</i>
2	D	1	Y	N	N	N	N	N	N	N	N	Y		No schedule maintenance, ganti saat rusak
3	A	1	Y	N	N	Y	N	Y						Rewelding blade scraper, <i>scheduled restoration task</i>
3	A	2	Y	N	N	N	N	N	N	N	N	Y		No schedule maintenance, ganti saat rusak

Tabel 4.10 RCM *Decision Worksheet Separating Subsystem*

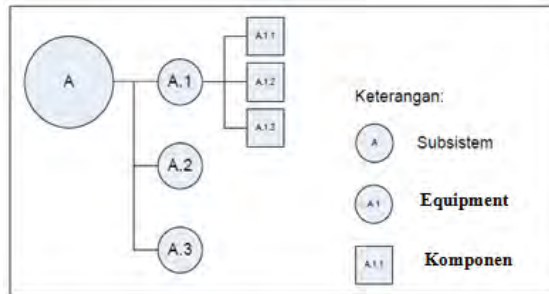
Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task
							S1	S2	S3				
							O1	O2	O3				
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4	
1	A	1	Y	N	N	Y	N	N	Y				Penggantian blade saat overhaul, scheduled discard task
1	A	2	Y	N	N	Y	N	N	Y				Penggantian guide vane saat overhaul, scheduled discard task
1	A	3	Y	N	N	Y	N	Y					Penggantian atau perbaikan saat overhaul, scheduled restoration task
1	A	4	Y	N	N	N	Y						Pengecekan atau perbaikan, scheduled on condition task
1	A	5	Y	N	N	N	Y						Pengecekan atau perbaikan, scheduled on condition task

Tabel 4.11 RCM *Decision Worksheet Hydraulic Subsystem*

Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task
							S1	S2	S3					
							O1	O2	O3					
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4		
1	A	1	Y	N	N	Y	N	N	Y				Penggantian flanges, scheduled discard task	
1	A	2	N	N	N	N	Y						Pengecekan pelumasan, scheduled on condition task	
1	A	3	Y	Y	N	N	N	Y					Perbaikan atau penggantian, scheduled restoration task	
1	A	4	Y	N	N	N	N	Y					Perbaikan manifold, scheduled restoration task	
1	B	1	N	N	N	Y	N	N	Y				Ganti filter dan flushing line, scheduled discard task	
1	B	2	N	N	N	Y	N	N	Y				Ganti filter dan flushing line, scheduled discard task	
1	B	3	Y	N	N	Y	N	Y					Perbaikan pompa, scheduled restoration task	
1	C	1	Y	Y	Y	Y	N	N	Y				Ganti bladder accumulator, scheduled discard task	
1	C	2	Y	Y	Y	Y	N	N	Y				Ganti gauge, scheduled discard task	

#### 4.2.5 Analisis Komponen Pendukung

Berdasarkan penjabaran *maintenance task* subsistem, selanjutnya komponen pendukung ditentukan dan dibentuk dalam suatu *System Work Breakdown Structure* (SWBS) sesuai gambar 4.13.



Gambar 4.13 *System Work Breakdown Structure*

*System Work Breakdown Structure* (SWBS) digunakan untuk menggambarkan kelompok komponen yang menjalankan fungsi tertentu sehingga komponen yang dibutuhkan setiap subsistem yang menyusun suatu sistem dapat disusun. Data *work order* sistem *roller mill* tahun 2011 – 2014 disusun dalam SWBS. Pada *grinding subsystem* terdapat 4 komponen yang merupakan bagian dari *mill table* dan 17 komponen yang merupakan bagian dari *roller*. Pada *drying* dan *transportating subsystem* terdapat 3 komponen yang merupakan bagian dari *rotary feeder*, 7 komponen yang merupakan bagian dari *louvre ring*, 6 komponen yang merupakan bagian dari *armour ring* dan 2 komponen yang merupakan bagian dari *scraper reject*. Pada *separating subsystem* terdapat 6 komponen yang merupakan bagian dari *classifier* dan 11 komponen yang merupakan bagian dari *reducer classifier*. Pada *hydraulic subsystem* terdapat 1 komponen yang merupakan bagian dari *absorber*, dan 9 komponen yang merupakan bagian dari *bladder*. SWBS untuk masing-masing subsistem secara lengkap ditampilkan pada tabel 4.12 sampai dengan tabel 4.15 berikut.

Tabel 4.12 SWBS *Grinding Subsystem*

GRINDING SUBSYSTEM				
KODE	EQUIPMENT	KODE	KOMPONEN	KODE PERUSAHAAN
A.1	MILL TABLE	A.1.1	DAM RING	308-200291
		A.1.2	BACKING MATERIAL	311-200254
		A.1.3	BOLT SOCKET HD CAP SCREW	308-200675
		A.1.4	CAP SCREW SOCKET	308-200558
A.2	ROLLER	A.2.1	BOLT TEE HEAD	615-200799
		A.2.2	WASHER SPRING	615-200800
		A.2.3	NUT HEX	615-200801
		A.2.4	TYRE	308-200634
		A.2.5	SEAL AXLE	308-200054
		A.2.6	THRUST COLLAR LABIRIN	307-200018
		A.2.7	SEALING COVER LABIRIN	307-200019
		A.2.8	CAP SCREW SOCKET	308-200531
		A.2.9	BOLT SOCKET HD CAP SCREW	308-200275
		A.2.10	BOLT SOCKET HEAD CAP SCREW	615-200943
		A.2.11	SEAL (O-RING)	616-200736
		A.2.12	O-RING	308-200358
		A.2.13	BOLT HEX HD CAP SCREW	615-200860
		A.2.14	WASHER	312-200591
		A.2.15	CLAMPING RING	308-200731
		A.2.16	SEALING COVER	308-200818
		A.2.17	SUCTION PIPE	611-201551
		A.2.18	BOLT HEX HD	615-200823

Tabel 4.13 SWBS *Drying & Transporting Subsystem*

DRYING & TRANSPORTING SUBSYSTEM				
KODE	EQUIPMENT	KODE	KOMPONEN	KODE PERUSAHAAN
B.1	ROTARY FEEDER	B.1.1	LINER CHUTE	308-200649
		B.1.2	BOLT & NUT WASHER	615-200827
		B.1.3	BOLT COUNTERSHUNK SOCKET HD	615-200645
B.2	LOUVRE RING	B.2.1	LINER TOP BLADE	308-200627
		B.2.2	LINER BOTTOM BLADE	308-200628
		B.2.3	PLATE WEAR	308-200629
		B.2.4	LOUVRE RING INSERT	308-200630
		B.2.5	CAP SREW HEX HD	615-200577
		B.2.6	WASHER FLAT	615-200858
B.3	ARMOUR RING	B.2.7	PACKING	616-201122
		B.3.1	ARMOUR RING INSERT	308-200622
		B.3.2	BOLT & NUT RING WASHER	615-200577
		B.3.3	BOLT & NUT FLAT WASHER	615-200569
		B.3.4	LINER MILL BODY	308-200065
		B.3.5	BOLT METRIC TAPER HEAD	308-200566
B.4	SCRAPPER REJECT	B.3.6	BOLT METRIC	615-200850
		B.4.1	HEAD CAP SCREW	311-200252
		B.4.2	BOLT CAP SCREW HX HD	316-200399

Tabel 4.14 SWBS *Separating Subsystem*

SEPARATING SUBSYSTEM				
KODE	EQUIPMENT	KODE	KOMPONEN	KODE PERUSAHAAN
C.3	CLASSIFIER	C.3.1	BLADE SEGMENT LINER	308-200694
		C.3.2	BLADE ROTOR BLADE	308-200817
		C.3.3	SEAL UPPER-OUTER	616-201174
		C.3.4	COUPLING	620-200221
		C.3.5	COUPLING FLAK	620-200200
		C.3.6	SQUARE BAR	609-200187
C.4	REDUCER CLASSIFIER	C.4.1	BEARING	308-200368
		C.4.2	BEARING	308-200369
		C.4.3	SLEEVE ADAPTER	308-200372
		C.4.4	BEARING	308-200370
		C.4.5	BEARING	308-200371
		C.4.6	BEARING	308-200373
		C.4.7	BEARING	308-200374
		C.4.8	BEARING	308-200668
		C.4.9	BEARING	308-200365
		C.4.10	SEAL OIL LOW SPEED	616-201161
		C.4.11	SEAL OIL HIGH SPEED	616-201054

Tabel 4.15 SWBS untuk *Hydraulic Subsystem*

HYDRAULIC SUBSYSTEM				
KODE	EQUIPMENT	KODE	KOMPONEN	KODE PERUSAHAAN
D.1	ROCKER ARM	D.1.1	HANDLING LUG	308-200908
		D.1.2	BEARING	623-201605
		D.1.3	BOLT HEX HD	308-200277
		D.1.4	BOLT HEX HD	615-200847
		D.1.5	CONE PIN	308-200595
		D.1.6	SPRING DOWEL SLEEVE	308-200596
		D.1.7	SEAL SPLIT	325-201271
		D.1.8	SHIELD	308-200074
		D.1.9	CAP SCREW SOCKET HD	308-200589
		D.1.10	CAP SEAL	308-200827
		D.1.11	WEAR PLATE	302-200032
		D.1.12	BOLT CAP SCREW SOCKET HD	615-200467
		D.1.13	DISC SPRING	308-200293
		D.1.14	BOLT & NUT WASHER	615-200666
		D.1.15	ANTI SEIZE	617-200122
D.2	BLADDER	D.2.1	FLUID PORT	308-200586
		D.2.2	POPPET	308-200587
		D.2.3	SPRING	308-200588
		D.2.4	BLADDER&GAS VALVE	308-200405
		D.2.5	RUBBER	307-200009
		D.2.6	ACCUMULATOR BLADDER	308-200404
		D.2.7	PART GAS SIDE	308-200917
		D.2.8	HYDAC OUTER THREAD OIL VALVE	604-201097
		D.2.9	O-RING	308-200939
D.3	ABSORBER	D.3.1	BEARING SPHER	623-201281
		D.3.2	PIN	308-200677
		D.3.3	O-RING	308-200941
		D.3.4	BOLT & NUT HX HD	615-200819
		D.3.5	FLANGE SPLIT	613-200821
		D.3.6	VALVE DIRECTIONAL	308-200332

#### 4.2.6 Reklasifikasi Komponen

Tahap terakhir adalah melakukan reklasifikasi komponen yang terdapat pada SWBS. Klasifikasi awal adalah klasifikasi komponen yang sudah ditetapkan oleh Departemen Perencanaan Pengendalian Persediaan PT. Semen Indonesia sesuai dengan penjelasan pada latar belakang sedangkan reklasifikasi adalah mengubah dari komponen non-rutin menjadi komponen rutin berdasarkan permintaan kebutuhan ketika suatu subsistem mengalami kegagalan fungsi. Suatu komponen dapat digolongkan menjadi komponen rutin apabila komponen tersebut sering mengalami kerusakan dan penggantian komponen berdasarkan jam pakai mesin. Selain itu, ketersediaan komponen yang selalu dibutuhkan dalam setiap kegiatan perawatan maupun *overhaul* dan efek yang ditimbulkan apabila komponen tersebut mengalami kegagalan akan menimbulkan terganggunya subsistem ataupun sistem seperti yang telah dijelaskan pada sub bab 4.2.3.

Pada *grinding subsystem* terdapat 5 komponen yang mengalami reklasifikasi yaitu *cap screw socket*, *bolt tee head*, *washer spring*, *nut hex* dan *seal axle*. *Cap screw socket* merupakan komponen dari *mill table* yang berfungsi sebagai pengikat *dam ring* pada *mill table*. Efek kegagalan pada komponen ini menyebabkan perubahan posisi *dam ring*, posisi *dam ring* yang terlalu rendah menyebabkan *power motor* menjadi tinggi dan efisiensi penggilingan menjadi rendah ataupun posisi *dam ring* yang terlalu tinggi menyebabkan vibrasi berlebihan pada area penggilingan. *Bolt tee head*, *washer spring* dan *nut hex* merupakan komponen dari *roller* yang berfungsi sebagai pengikat *tyre* ke penghubung *roller*. Efek kegagalan pada komponen ini menyebabkan jarak antara *tyre roller* ke *mill table* menjadi tidak tepat, jarak terlalu lebar menyebabkan proses penggilingan tidak maksimal sehingga mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan ataupun jarak terlalu sempit menyebabkan *liner mill table* maupun *tyre roller* menjadi pecah. Selain itu, ketiga komponen ini merupakan komponen yang digunakan untuk *assembly roller*, apabila ketiga komponen tersebut tidak tersedia



maka *roller* tidak dapat dirakit bahkan akan mematikan sistem. Komponen tersebut merupakan komponen yang kerusakannya disebabkan oleh keausan karena tumbukan material dan gas panas yang terjadi pada area penggilingan. *Seal axle* merupakan komponen yang berfungsi untuk mencegah *oil* dalam *bearing roller* keluar dan kerusakannya biasanya disebabkan oleh waktu pemakaian. Efek kegagalan yang ditimbulkan yaitu proses *circulating oil* tidak dapat berjalan dengan sempurna sehingga *roller* tidak dapat bekerja dengan maksimal.

Pada *drying&transportating subsystem* terdapat 4 komponen yang mengalami reklasifikasi yaitu *louvre ring insert* dan *washer flat* yang merupakan komponen dari *louvre ring* serta *bolt metric* dan *bolt metric taper head* yang merupakan komponen dari *armour ring*. *Louvre ring insert* berfungsi sebagai pengunci *liner*. *Washer flat* berfungsi sebagai pengencang baut pada *cover deck*. *Bolt metric* dan *bolt metric taper head* berfungsi sebagai pengikat *liner* pada *scavenging*. Efek kegagalan keempat komponen tersebut adalah rusaknya *liner armour ring* dan *liner louvre ring* yang menyebabkan *armour ring* dan *louvre ring* menjadi cepat aus bahkan pecah sehingga fungsi dari *armour ring* dan *louvre ring* menjadi tidak maksimal dalam proses transportasi udara panas dan pengeringan material. Keempat komponen tersebut merupakan komponen yang kerusakannya disebabkan oleh keausan karena tumbukan material dan gas panas yang terjadi pada area penggilingan.

Pada *separating subsystem* terdapat 2 komponen yang mengalami reklasifikasi yaitu *rotor blade* dan *seal upper outer* yang merupakan komponen dari *classifier*. *Rotor blade* berfungsi sebagai pemisah material setelah proses penggilingan sehingga komponen ini sering mengalami keausan dikarenakan *rotor blade* dioperasikan pada putaran cepat dan sering mengalami tumbukan dengan *rolled material* yang masih kasar. Apabila terjadi kegagalan pada komponen ini menyebabkan banyaknya *product reject* karena putaran *blade* yang tidak maksimal. *Seal upper outer* berfungsi sebagai penutup celah antara *rotor blade* dan

*guide vane*. Kerusakan komponen ini biasanya dikarenakan waktu pemakaian dan juga seringnya mengalami proses tumbukan dengan material.

Pada *hydraulic subsystem* terdapat 9 komponen yang mengalami reklasifikasi yaitu *cone pin* dan *bolt&nut washer* yang merupakan komponen dari *rocker arm*, *fluid port*, *poppet*, *spring* dan *bladder&gas valve* yang merupakan komponen dari *bladder*, *rubber* dan *bearing spher* yang merupakan komponen dari *absorber*. *Cone pin* berfungsi sebagai pengunci gerak *rocker arm* dengan *mounting* sedangkan *bolt&nut washer* berfungsi sebagai pengikat *rocket arm* pada *mounting*. Kegagalan pada komponen ini menyebabkan kerja penggilingan *roller* terganggu dikarenakan *mounting rocker arm* tidak dapat menyangga *roller* dengan maksimal. *Fluid port*, *poppet* dan *spring* berfungsi sebagai katup masuknya gas nitrogen ke *bladder accumulator*. *Bladder&gas valve* dan *rubber* berfungsi sebagai penampung gas nitrogen. Efek kegagalan yang ditimbulkan oleh kelima komponen tersebut adalah kurang maksimalnya peredaman oleh gas nitrogen yang terdapat pada *hydraulic system* sehingga tekanan *roller mill* menjadi tinggi. Kerusakan komponen tersebut dikarenakan seringnya mengalami beban kejut dari *rocker arm*. *Bearing spher* berfungsi sebagai *bearing* untuk gerakan pin pada *absorber* dan kerusakan komponen tersebut dikarenakan waktu pemakaian. Efek kegagalan yang ditimbulkan komponen ini adalah terbatasnya gerakan *absorber* sehingga menimbulkan vibrasi yang berlebihan pada *roller mill* dan bahkan dapat mematikan sistem.

Di samping itu berdasarkan data *work order* sistem *roller mill* tahun 2011-2014, komponen-komponen yang telah disebutkan di atas memiliki frekuensi permintaan cukup sering, kebutuhan yang diperlukan dalam sistem maupun subsistem pun cukup besar dan ketersediannya selalu dibutuhkan dalam setiap kegiatan perawatan maupun kegiatan *overhaul* yang dilakukan oleh perusahaan secara rutin setiap tahun. Selain itu, mengingat perannya yang cukup penting dalam berjalannya subsistem

bahkan sistem maka komponen tersebut dapat dilakukan reklasifikasi dari komponen non-rutin menjadi komponen rutin. Reklasifikasi komponen untuk masing-masing subsistem ditampilkan pada tabel 4.16 sampai dengan tabel 4.19 berikut.

Tabel 4.16 Reklasifikasi *Grinding Subsystem*

<b>GRINDING SUBSYSTEM</b>			
<b>EQUIPMENT</b>	<b>KOMPONEN</b>	<b>KLASIFIKASI</b>	<b>REKLASIFIKASI</b>
<b>MILL TABLE</b>	<b>DAM RING</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	<b>BACKING MATERIAL</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	<b>BOLT SOCKET HD CAP SCREW</b>	RUTIN	RUTIN
	<b>CAP SCREW SOCKET HD</b>	NON-RUTIN	RUTIN
<b>ROLLER</b>	<b>BOLT TEE HEAD</b>	NON-RUTIN	RUTIN
	<b>WASHER SPRING</b>	NON-RUTIN	RUTIN
	<b>NUT HEX</b>	NON-RUTIN	RUTIN
	<b>TYRE</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	<b>SEAL AXLE</b>	NON-RUTIN	RUTIN
	<b>THRUST COLLAR LABIRIN</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	<b>SEALING COVER LABIRIN</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	<b>CAP SCREW SOCKET HD</b>	RUTIN	RUTIN
	<b>BOLT SOCKET HD CAP SCREW</b>	RUTIN	RUTIN
	<b>BOLT SOCKET HEAD CAP SCREW</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	<b>SEAL (O-RING)</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	<b>O-RING</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	<b>BOLT HEX HD CAP SCREW</b>	RUTIN	RUTIN
	<b>WASHER</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	<b>CLAMPING RING</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	<b>SEALING COVER</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	<b>SUCTION PIPE</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	<b>BOLT HEX HD</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN

Tabel 4.17 Reklasifikasi *Drying&Transportating Subsystem*

<b>DRYING&amp;TRANSPORTATING SUBSYSTEM</b>			
<b>EQUIPMENT</b>	<b>KOMPONEN</b>	<b>KLASIFIKASI</b>	<b>REKLASIFIKASI</b>
<b>ROTARY FEEDER</b>	<b>LINER CHUTE</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	<b>BOLT &amp; NUT WASHER</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	<b>BOLT COUNTERSHUNK SOCKET HD</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	<b>LINER TOP BLADE</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
<b>LOUVRE RING</b>	<b>LINER BOTTOM BLADE</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	<b>PLATE WEAR</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	<b>LOUVRE RING INSERT</b>	NON-RUTIN	RUTIN
	<b>CAP SREW HEX HD</b>	RUTIN	RUTIN
	<b>WASHER FLAT</b>	NON-RUTIN	RUTIN
	<b>PACKING</b>	RUTIN	RUTIN
	<b>ARMOUR RING INSERT</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
<b>ARMOUR RING</b>	<b>BOLT&amp;NUT RING WASHER</b>	RUTIN	RUTIN
	<b>BOLT &amp; NUT FLAT WASHER</b>	RUTIN	RUTIN
	<b>LINER MILL BODY</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	<b>BOLT METRIC TAPER HEAD</b>	NON-RUTIN	RUTIN
	<b>BOLT METRIC</b>	NON-RUTIN	RUTIN
	<b>HEAD CAP SCREW</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
<b>SCRAPPER REJECT</b>	<b>BOLT CAP SCREW HX HD</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN

Tabel 4.18 Reklasifikasi *Separating Subsystem*

<b>SEPARATING SUBSYSTEM</b>			
<b>EQUIPMENT</b>	<b>KOMPONEN</b>	<b>KLASIFIKASI</b>	<b>REKLASIFIKASI</b>
<b>CLASSIFIER</b>	<b>BLADE SEGMENT LINER</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	<b>BLADE ROTOR BLADE</b>	NON-RUTIN	RUTIN
	<b>SEAL UPPER-OUTER</b>	NON-RUTIN	RUTIN
	<b>COUPLING</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	<b>COUPLING FLAK</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	<b>SQUARE BAR</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
<b>REDUCER CLASSIFIER</b>	<b>BEARING</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	<b>BEARING</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	<b>SLEEVE ADAPTER</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	<b>BEARNG</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	<b>BEARING</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	<b>BEARING</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	<b>BEARING</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	<b>BEARING</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	<b>BEARING</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	<b>SEAL OIL LOW SPEED</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	<b>SEAL OIL HIGH SPEED</b>	NON-RUTIN	NON-RUTIN

Tabel 4.19 Reklasifikasi *Hydraulic Subsystem*

HYDRAULIC SUBSYSTEM			
EQUIPMENT	KOMPONEN	KLASIFIKASI	REKLASIFIKASI
ROCKER ARM	HANDLING LUG	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	BEARING	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	BOLT HEX HD	RUTIN	RUTIN
	BOLT HEX HD	RUTIN	RUTIN
	CONE PIN	NON-RUTIN	RUTIN
	SPRING DOWEL SLEEVE	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	SEAL SPLIT	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	SHIELD	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	CAP SCREW SOCKET HD	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	CAP SEAL	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	WEAR PLATE	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	BOLT CAP SCREW SOCKET HD	RUTIN	RUTIN
	DISC SPRING	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	BOLT & NUT WASHER	NON-RUTIN	RUTIN
	ANTISEIZE	NON-RUTIN	NON-RUTIN
BLADDER	FLUID PORT	NON-RUTIN	RUTIN
	POPPET	NON-RUTIN	RUTIN
	SPRING	NON-RUTIN	RUTIN
	BLADDER & GAS VALVE	NON-RUTIN	RUTIN
	RUBBER	NON-RUTIN	RUTIN
	ACCUMULATOR BLADDER	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	PART GAS SIDE	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	HYDAC OUTER THREAD OIL VALVE	NON-RUTIN	NON-RUTIN
ABSORBER	O-RING	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	BEARING SPHER	NON-RUTIN	RUTIN
	PIN	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	O-RING	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	BOLT & NUT, HXHD	RUTIN	RUTIN
	FLANGE SPLIT	NON-RUTIN	NON-RUTIN
	VALVE DIRECTIONAL	NON-RUTIN	NON-RUTIN

#### 4.3 Penentuan Distribusi Kegagalan Komponen dan Kebutuhan Komponen

Pada tahap ini, komponen yang dianalisis hanyalah komponen yang mengalami reklasifikasi. Analisis distribusi menggunakan *software reliasoft weibull* dan *easyfit* dengan memasukkan interval waktu antar kegagalan komponen sehingga distribusi kegagalan yang sesuai didapatkan beserta parameternya. Parameter tersebut digunakan untuk menentukan *Cumulative Density Function* (CDF) dan *failure rate* dengan

menggunakan persamaan pada sub bab 2.5 untuk masing-masing distribusi yang sesuai. *Cumulative Density Function* ( $F(t)$ ) dideskripsikan sebagai peluang terjadinya kegagalan sebelum suatu waktu tertentu. *Cummulative Distribution Function* (CDF) memiliki nilai mulai dari 0 hingga 1. Saat komponen mulai beroperasi ( $t_0 = 0$ ) maka peluang kegagalannya adalah 0 ( $F(0)=0$ ). Namun dengan bertambahnya waktu operasi ( $t = t_0 + t$ ) maka peluang kegagalan komponen akan bertambah hingga peluang kegagalannya adalah 1 ( $F(t)=1$ ) yang berarti bahwa komponen tersebut dipastikan gagal. Sedangkan *failure rate* atau *hazard function* ( $\lambda(t)$ ) dideskripsikan sebagai tingkat kegagalan seketika pada setiap titik waktu atau rasio antara *probability density function* ( $f(t)$ ) dengan *reliability* ( $R(t)$ ).

Selain itu, parameter tersebut dapat digunakan untuk menentukan kebutuhan komponen dengan memasukkan parameter input yaitu, *average time to failure*, periode operasi yang direncanakan, *coefficient variation of time to failure* dan *service level*. *Average time to failure* (MTTF) didapatkan dari persamaan pada bab 2.5 untuk masing-masing distribusi yang sesuai. *Coefficient variation of MTTF* diperoleh dari perbandingan *standart deviation of time to failure* ( $\sigma(T)$ ) dengan MTTF. Periode operasi yang direncanakan adalah 365 hari atau satu tahun. *Service level* yang digunakan adalah 95% sehingga didapatkan nilai 1.645 dari tabel berdistribusi normal standar. *Service level* merupakan besarnya persentase dari permintaan yang dapat terpenuhi. Nilai *service level* yang ditentukan sebesar 95% didefinisikan sebagai 95% keyakinan ketersediaan komponen ketika dibutuhkan dalam kegiatan perawatan. Jumlah komponen yang dibutuhkan ( $N$ ) selama periode tertentu diperoleh dengan menggunakan persamaan 4.1<sup>[2]</sup>.

$$N = \frac{t}{T} + \frac{K^2 - 1}{2} + K \sqrt{\frac{t}{T_0}} \Phi^{-1}(p) \quad (4.1)$$

Dimana:  $N$  = jumlah komponen yang dibutuhkan  
 $t$  = periode operasi yang direncanakan

$$\begin{aligned}
 T &= \text{MTTF} \\
 K &= \text{coefficient variation of MTTF} \\
 \Phi^{-1}(p) &= \text{service level}
 \end{aligned}$$

Setelah jumlah komponen didapatkan berdasarkan persamaan 4.1, maka selanjutnya adalah menentukan total kebutuhan komponen. Total kebutuhan komponen merupakan kebutuhan komponen (N) yang didapat dari persamaan 4.1 ditambah dengan kebutuhan komponen yang didapat dari rata-rata *history* pemakaian komponen dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2014 sesuai data pada lampiran 3.

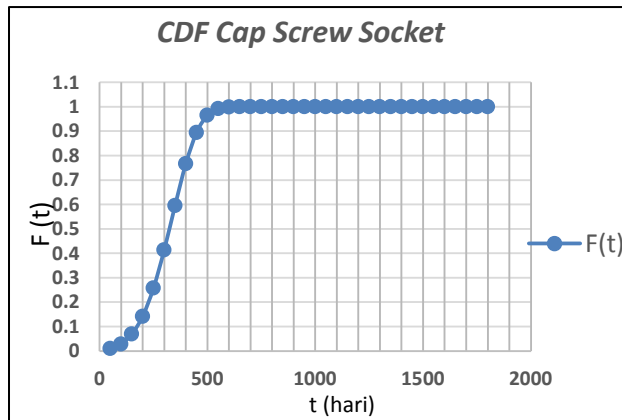
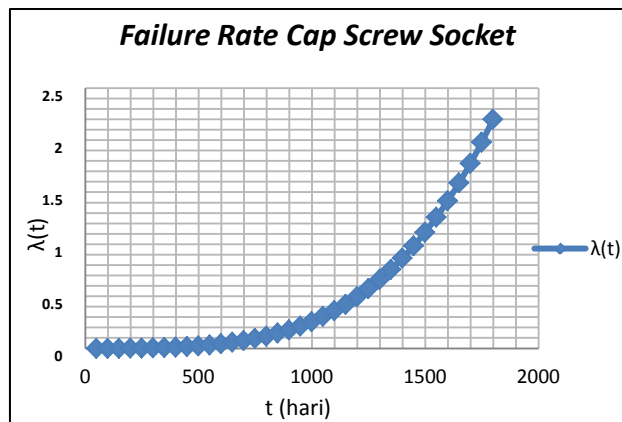
#### 4.3.1 Analisis Cap Screw Socket

Data kegagalan *cap screw socket* dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2014 ditampilkan pada tabel 4.20 berikut.

Tabel 4.20 Data Kegagalan *Cap Screw Socket*

Waktu Kegagalan	Interval Kegagalan (hari)
12/10/2011	230
29/5/2012	324
18/4/2013	409
1/6/2014	

Distribusi paling sesuai yang didapatkan berdasarkan pengujian data tabel 4.20 adalah distribusi weibull 3 parameter dengan parameter  $\beta = 5,0808$ ,  $\eta = 519,5872$  dan  $\gamma = -159,4250$ . Perhitungan *Cumulative Density Function* menggunakan persamaan 2.25 dan *failure rate* menggunakan persamaan 2.23 sehingga hasil perhitungan diperoleh pada lampiran 4. Hasil perhitungan tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik CDF dan *failure rate* terhadap waktu pada gambar 4.14 dan gambar 4.15 di bawah ini.

Gambar 4.14 Grafik *CDF Cap Screw Socket*Gambar 4.15 Grafik *Failure Rate Cap Screw Socket*

Pada grafik 4.14, nilai probabilitas kegagalan = 1 untuk  $t > 500$  hari sehingga komponen ini dipastikan akan gagal jika dioperasikan melebihi waktu tersebut. Sedangkan pada grafik 4.15, nilai *failure rate* semakin besar untuk waktu operasi yang semakin panjang. Berdasarkan hal tersebut, komponen ini dapat



dikategorikan dalam fase *wear out*. Kondisi dimana terjadi penurunan fungsi dan peningkatan laju kegagalan yang sejalan dengan bertambahnya umur pakai.

Selain itu, jumlah kebutuhan komponen ditentukan dengan menggunakan persamaan 4.1. Parameter input yang dimasukkan adalah MTTF ( $T$ ) = 317,64 yang didapat dari persamaan 2.26,  $\sigma(T)$  = 107,78 dan  $K$  = 0,34 sehingga jumlah kebutuhan yang harus tersedia selama periode operasi 365 hari dengan tingkat keyakinan 95% sebesar 1,3 komponen ditambah dengan rata-rata kebutuhan pertahun sebesar 31,25 komponen sehingga total kebutuhan *cap screw socket* yang harus tersedia adalah  $32,55 \approx 33$  komponen.

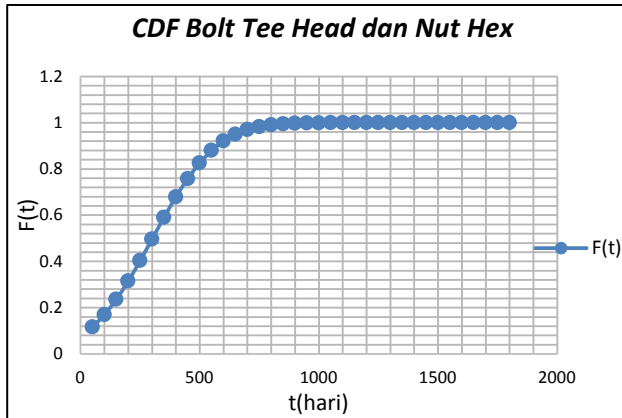
#### 4.3.2 Analisis Bolt Tee Head dan Nut Hex

Data kegagalan *bolt tee head* dan *nut hex* dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2014 ditampilkan pada tabel 4.21 berikut.

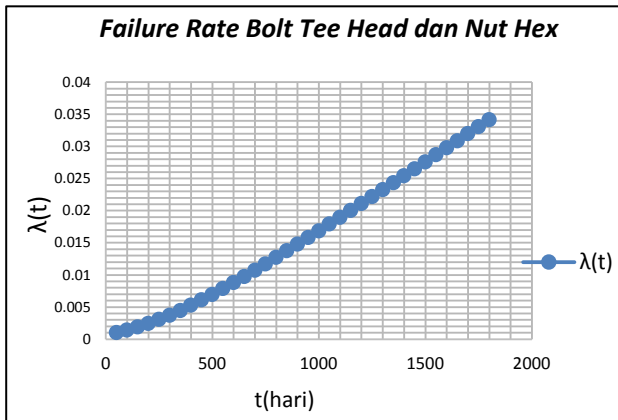
Tabel 4.21 Data Kegagalan *Bolt Tee Head dan Nut Hex*

Waktu Kegagalan	Interval Kegagalan (hari)
28/3/2011	443
13/6/2012	434
21/8/2013	22
12/9/2013	308
17/7/2014	

Distribusi paling sesuai yang didapatkan berdasarkan pengujian data tabel 4.21 adalah distribusi normal. Kedua komponen tersebut mempunyai interval waktu kegagalan yang sama sehingga distribusi dan parameter yang didapatkan adalah sama dengan  $\mu = 301,75$  dan  $\sigma = 211,389$ . Perhitungan *Cumulative Density Function* menggunakan persamaan 2.4 dan *failure rate* menggunakan persamaan 2.5 sehingga hasil perhitungan diperoleh pada lampiran 4. Hasil perhitungan tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik CDF dan *failure rate* terhadap waktu pada gambar 4.16 dan gambar 4.17 di bawah ini.



Gambar 4.16 Grafik CDF Bolt Tee Head dan Nut Hex



Gambar 4.17 Grafik Failure Rate Bolt Tee Head dan Nut Hex

Pada grafik 4.16, nilai probabilitas kegagalan = 1 untuk  $t > 600$  hari sehingga komponen ini dipastikan akan gagal jika dioperasikan melebihi waktu tersebut. Sedangkan pada grafik

4.17, nilai *failure rate* semakin besar untuk waktu operasi yang semakin panjang. Berdasarkan hal tersebut, komponen ini dapat dikategorikan dalam fase *wear out*. Kondisi dimana terjadi penurunan fungsi dan peningkatan laju kegagalan yang sejalan dengan bertambahnya umur pakai.

Selain itu, jumlah kebutuhan komponen ditentukan dengan menggunakan persamaan 4.1. Parameter input yang dimasukkan adalah MTTF (T) = 301,75 yang didapat dari persamaan 2.6,  $\sigma(T) = 211,39$  dan  $K = 0,7$  sehingga jumlah kebutuhan yang harus tersedia selama periode operasi 365 hari dengan tingkat keyakinan 95% sebanyak 2,2 komponen ditambah dengan rata-rata kebutuhan pertahun sebesar 7,25 komponen sehingga total kebutuhan *bolt tee head&nut hex* yang harus tersedia adalah  $9,45 \approx 10$  komponen.

#### 4.3.3 Analisis Washer Spring

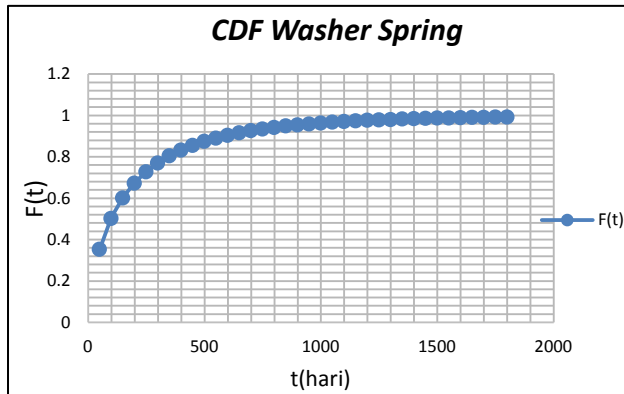
Data kegagalan *washer spring* dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2014 ditampilkan pada tabel 4.22 berikut.

Tabel 4.22 Data Kegagalan *Washer Spring*

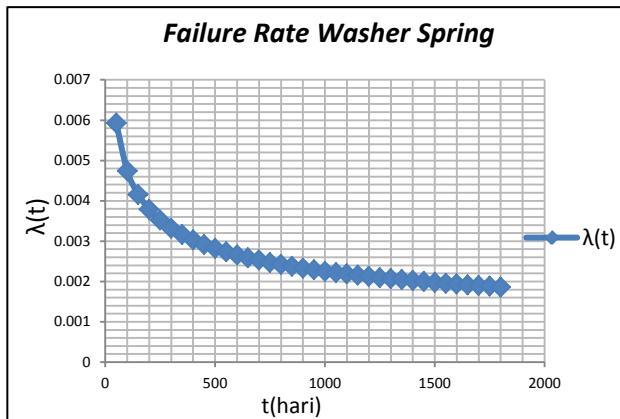
Waktu Kegagalan	Interval Kegagalan (hari)
28/3/2011	443
13/6/2012	341
20/5/2013	93
21/8/2013	19
9/9/2013	294
30/6/2014	17
17/7/2014	123
17/11/2014	

Distribusi paling sesuai yang didapatkan berdasarkan pengujian data tabel 4.22 adalah distribusi weibull 2 parameter dengan parameter  $\beta = 0,6774$  dan  $\eta = 169,36$ . Perhitungan *Cumulative Density Function* menggunakan persamaan 2.20 dan *failure rate* menggunakan persamaan 2.18 sehingga hasil

perhitungan diperoleh pada lampiran 4. Hasil perhitungan tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik CDF dan *failure rate* terhadap waktu pada gambar 4.18 dan gambar 4.19 di bawah ini.



Gambar 4.18 Grafik CDF *Washer Spring*



Gambar 4.19 Grafik *Failure Rate Washer Spring*

Pada grafik 4.18, nilai probabilitas kegagalan = 1 untuk  $t > 700$  hari sehingga komponen ini dipastikan akan gagal jika

dioperasikan melebihi waktu tersebut. Sedangkan pada grafik 4.19, nilai *failure rate* mengalami penurunan untuk waktu operasi yang semakin panjang. Berdasarkan hal tersebut, komponen ini dapat dikategorikan dalam fase *burn-in*. Kondisi dimana terjadi penurunan laju kegagalan seiring dengan bertambahnya waktu.

Selain itu, jumlah kebutuhan komponen ditentukan dengan menggunakan persamaan 4.1. Parameter input yang dimasukkan adalah MTTF ( $T$ ) = 221,8 yang didapat dari persamaan 2.21,  $\sigma(T)$  = 336,3 dan  $K$  = 1,52 sehingga jumlah kebutuhan yang harus tersedia selama periode operasi 365 hari dengan tingkat keyakinan 95% sebesar 5,5 komponen ditambah dengan rata-rata kebutuhan pertahun sebesar 53 komponen sehingga total kebutuhan *washer spring* yang harus tersedia adalah  $58,5 \approx 59$  komponen.

#### 4.3.4 Analisis Seal Axle

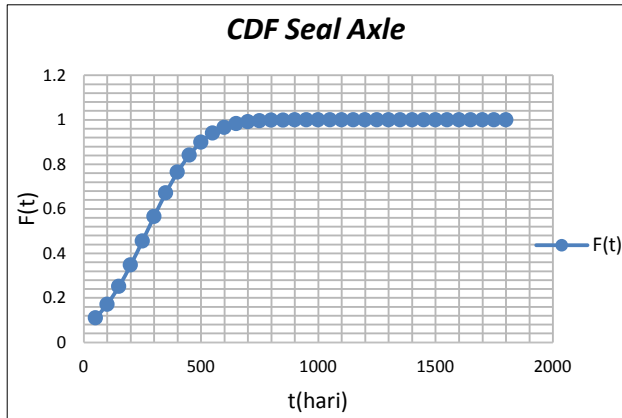
Data kegagalan *seal axle* dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2014 ditampilkan pada tabel 4.23 berikut.

Tabel 4.23 Data Kegagalan *Seal Axle*

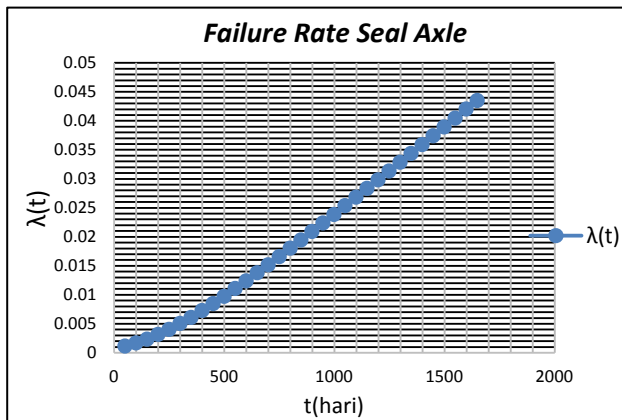
Waktu Kegagalan	Interval Kegagalan (hari)
1/4/2011	45
16/5/2011	365
15/5/2012	372
22/5/2013	113
12/9/2013	455
11/12/2014	

Distribusi paling sesuai yang didapatkan berdasarkan pengujian data tabel 4.23 adalah distribusi normal dengan parameter  $\mu = 270$  dan  $\sigma = 179,53$ . Perhitungan *Cumulative Density Function* menggunakan persamaan 2.4 dan *failure rate* menggunakan persamaan 2.5 sehingga hasil perhitungan diperoleh pada lampiran 4. Hasil perhitungan tersebut

ditampilkan dalam bentuk grafik CDF dan *failure rate* terhadap waktu pada gambar 4.20 dan gambar 4.21 di bawah ini.



Gambar 4.20 Grafik CDF *Seal Axle*



Gambar 4.21 Grafik *Failure Rate Seal Axle*

Pada grafik 4.20, nilai probabilitas kegagalan = 1 untuk  $t > 600$  hari sehingga komponen ini dipastikan akan gagal jika dioperasikan melebihi waktu tersebut. Sedangkan pada grafik

4.21, nilai *failure rate* semakin besar untuk waktu operasi yang semakin panjang. Berdasarkan hal tersebut, komponen ini dapat dikategorikan dalam fase *wear out*. Kondisi dimana terjadi penurunan fungsi dan peningkatan laju kegagalan yang sejalan dengan bertambahnya umur pakai.

Selain itu, jumlah kebutuhan komponen ditentukan dengan menggunakan persamaan 4.1. Parameter input yang dimasukkan adalah MTTF ( $T$ ) = 270 yang didapat dari persamaan 2.6,  $\sigma(T)$  = 496,5 dan  $K$  = 2,45 sehingga dengan persamaan 4.1 diperoleh jumlah kebutuhan yang harus tersedia selama periode operasi 365 hari dengan tingkat keyakinan 95% sebesar 2,3 komponen ditambah dengan rata-rata kebutuhan pertahun sebesar 2,5 komponen sehingga total kebutuhan *seal axle* yang harus tersedia adalah sebesar  $4,8 \approx 5$  komponen.

#### 4.3.5 Analisis *Louvre Ring Insert*

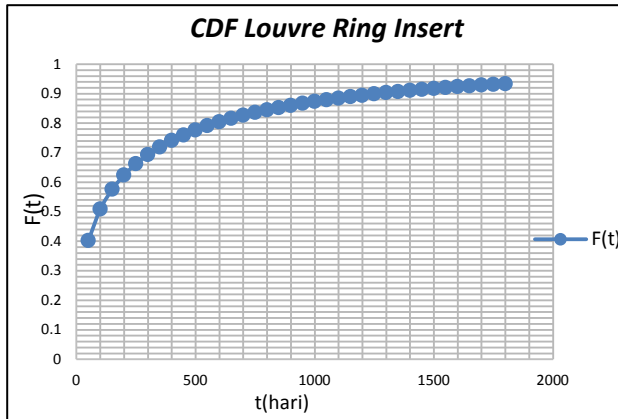
Data kegagalan *louvre ring insert* dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2014 ditampilkan pada tabel 4.24 berikut.

Tabel 4.24 Data Kegagalan *Louvre Ring Insert*

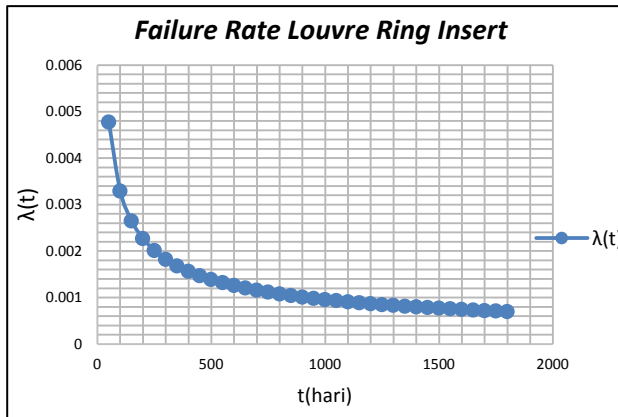
Waktu Kegagalan	Interval Kegagalan (hari)
28/4/2011	398
30/5/2012	309
4/4/2013	20
24/4/2013	2
26/4/2013	409
9/6/2014	

Distribusi paling sesuai yang didapatkan berdasarkan pengujian data tabel 4,24 adalah distribusi weibull 2 parameter dengan parameter  $\beta = 0,4638$  dan  $\eta = 209,2812$ . Perhitungan *Cumulative Density Function* menggunakan persamaan 2.20 dan *failure rate* menggunakan persamaan 2.18 sehingga hasil perhitungan diperoleh pada lampiran 4. Hasil perhitungan

tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik CDF dan *failure rate* terhadap waktu pada gambar 4.22 dan gambar 4.23 di bawah ini.



Gambar 4.22 Grafik CDF *Louvre Ring Insert*



Gambar 4.23 Grafik *Failure Rate Louvre Ring Insert*

Pada grafik 4.22, nilai probabilitas kegagalan = 0,9 untuk  $t > 1100$  hari sehingga komponen ini dipastikan 90% akan mengalami kegagalan jika dioperasikan melebihi waktu tersebut.



Sedangkan pada grafik 4.23, nilai *failure rate* mengalami penurunan untuk waktu operasi yang semakin panjang. Berdasarkan hal tersebut, komponen ini dapat dikategorikan dalam fase *burn-in*. Kondisi dimana terjadi penurunan laju kegagalan seiring dengan bertambahnya waktu.

Selain itu, jumlah kebutuhan komponen ditentukan dengan menggunakan persamaan 4.1. Parameter input yang dimasukkan adalah MTTF ( $T$ ) = 485,5 yang didapat dari persamaan 2.21,  $\sigma(T)$  = 1210 dan  $K$  = 2,49 sehingga jumlah kebutuhan yang harus tersedia selama periode operasi 365 hari dengan tingkat keyakinan 95% sebesar 6,9 komponen ditambah dengan rata-rata kebutuhan pertahun sebesar 9,5 komponen sehingga total kebutuhan *louvre ring insert* yang harus tersedia adalah  $16,4 \approx 17$  komponen.

#### 4.3.6 Analisis Washer Flat

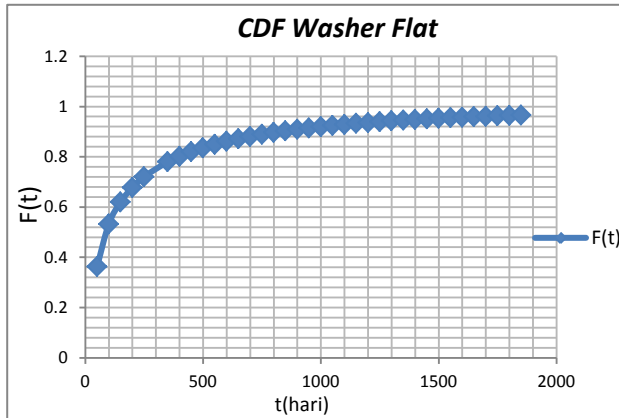
Data kegagalan *washer flat* dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2014 ditampilkan pada tabel 4.25 berikut.

Tabel 4.25 Data Kegagalan *Washer Flat*

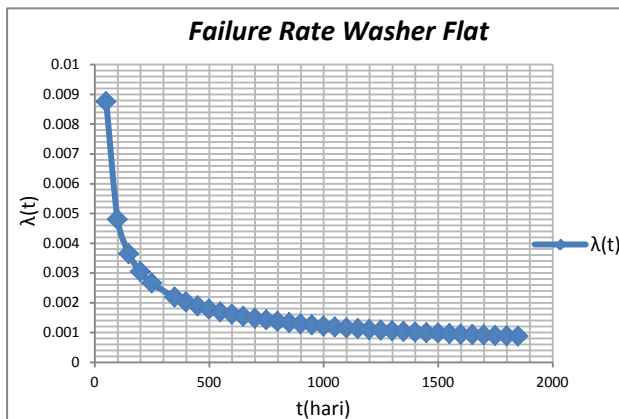
Waktu Kegagalan	Interval Kegagalan (hari)
28/4/2011	408
9/6/2012	319
24/4/2013	30
24/5/2013	74
6/8/2013	379
20/8/2014	107
5/12/2014	26
31/12/2014	

Distribusi paling sesuai yang didapatkan berdasarkan pengujian data tabel 4.25 adalah distribusi weibull 3 parameter dengan parameter  $\beta = 0,4657$ ,  $\eta = 132,7$  dan  $\gamma = 26$ . Perhitungan *Cumulative Density Function* menggunakan persamaan 2.25 dan *failure rate* menggunakan persamaan 2.23 sehingga hasil

perhitungan diperoleh pada lampiran 4. Hasil perhitungan tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik CDF dan *failure rate* terhadap waktu pada gambar 4.24 dan gambar 4.25 di bawah ini.



Gambar 4.24 Grafik CDF *Washer Flat*



Gambar 4.25 Grafik *Failure Rate Washer Flat*

Pada grafik 4.24, nilai probabilitas kegagalan = 1 untuk  $t > 1500$  hari sehingga komponen ini dipastikan akan gagal jika

dioperasikan melebihi waktu tersebut. Sedangkan pada grafik 4.25, nilai *failure rate* mengalami penurunan untuk waktu operasi yang semakin panjang. Berdasarkan hal tersebut, komponen ini dapat dikategorikan dalam fase *burn-in*. Kondisi dimana terjadi penurunan laju kegagalan seiring dengan bertambahnya waktu.

Selain itu, jumlah kebutuhan komponen ditentukan dengan menggunakan persamaan 4.1. Parameter input yang dimasukkan adalah MTTF ( $T$ ) = 331,21 yang didapat dari persamaan 2.26,  $\sigma(T)$  = 755,9 dan  $K$  = 2,28 sehingga jumlah kebutuhan yang harus tersedia selama periode operasi 365 hari dengan tingkat keyakinan 95% sebesar 7,1 komponen ditambah dengan rata-rata kebutuhan pertahun sebesar 300 komponen sehingga total kebutuhan *washer flat* yang harus tersedia adalah  $307,1 \approx 308$  komponen.

#### 4.3.7 Analisis Bolt Metric Taper Head

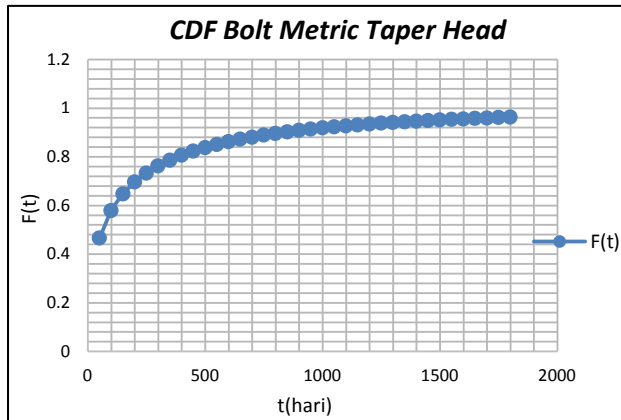
Data kegagalan *bolt metric taper head* dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2014 ditampilkan pada tabel 4.26 berikut.

Tabel 4.26 Data Kegagalan Bolt Metric Taper Head

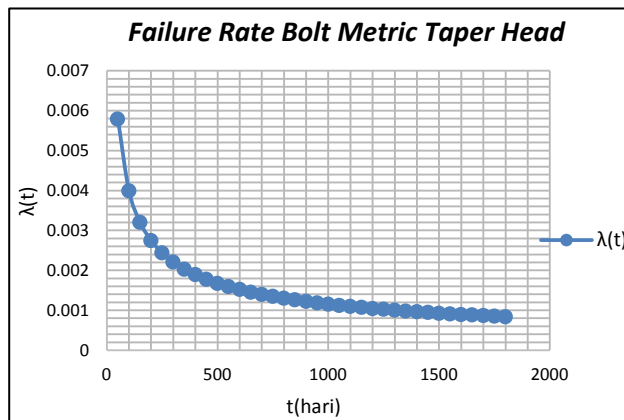
Waktu Kegagalan	Interval Kegagalan (hari)
15/4/2011	419
7/6/2012	1
8/6/2012	1
9/6/2012	3
12/6/2012	317
25/4/2013	5
30/4/2013	345
10/4/2014	36
16/5/2014	17
2/6/2014	

Distribusi paling sesuai yang didapatkan berdasarkan pengujian data tabel 4.26 adalah distribusi weibull 2 parameter dengan parameter  $\beta = 0.4619$  dan  $\eta = 137,27$ . Perhitungan

*Cumulative Density Function* menggunakan persamaan 2.20 dan *failure rate* menggunakan persamaan 2.18 sehingga hasil perhitungan diperoleh pada lampiran 4. Hasil perhitungan tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik CDF dan *failure rate* terhadap waktu pada gambar 4.26 dan gambar 4.27 di bawah ini.



Gambar 4.26 Grafik *CDF Bolt Metric Taper Head*



Gambar 4.27 Grafik *Failure Rate Bolt Metric Taper Head*

Pada grafik 4.26, nilai probabilitas kegagalan = 1 untuk  $t > 1200$  hari sehingga komponen ini dipastikan akan gagal jika dioperasikan melebihi waktu tersebut. Sedangkan pada grafik 4.27, nilai *failure rate* mengalami penurunan untuk waktu operasi yang semakin panjang. Berdasarkan hal tersebut, komponen ini dapat dikategorikan dalam fase *burn-in*. Kondisi dimana terjadi penurunan laju kegagalan seiring dengan bertambahnya waktu.

Selain itu, jumlah kebutuhan komponen ditentukan dengan menggunakan persamaan 4.1. Parameter input yang dimasukkan adalah MTTF ( $T$ ) = 321,21 yang didapat dari persamaan 2.21,  $\sigma(T)$  = 805,7 dan  $K$  = 2,51 sehingga jumlah kebutuhan yang harus tersedia selama periode operasi 365 hari dengan tingkat keyakinan 95% sebesar 8,2 komponen ditambah dengan rata-rata kebutuhan pertahun sebesar 20,75 komponen sehingga total kebutuhan *bolt metric taper head* yang harus tersedia adalah  $28,95 \approx 29$  komponen.

#### 4.3.8 Analisis Bolt Metric

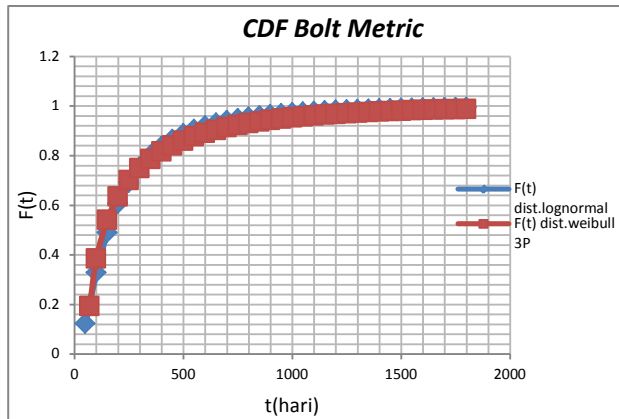
Data kegagalan *bolt metric* dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2014 ditampilkan pada tabel 4.27 berikut.

Tabel 4.27 Data Kegagalan Bolt Metric

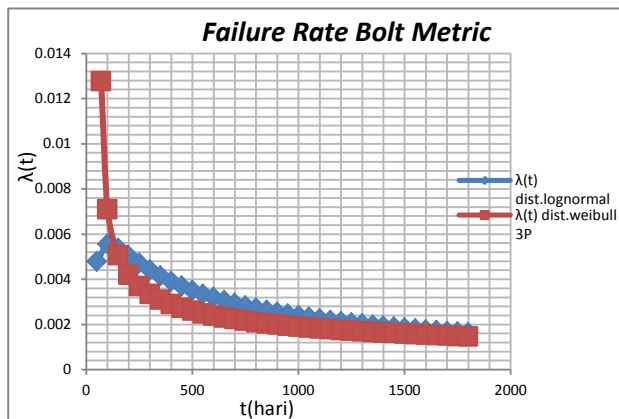
Waktu Kegagalan	Interval Kegagalan (hari)
6/9/2012	161
14/2/2013	67
22/4/2013	485
20/8/2014	107
5/12/2014	

Distribusi paling sesuai yang didapatkan berdasarkan pengujian data tabel 4.27 adalah distribusi lognormal dan distribusi weibull 3 parameter. Pada distribusi lognormal didapatkan parameter  $\mu = 5,0358$  dan  $\sigma = 0,9692$  sedangkan distribusi weibull 3 parameter didapatkan parameter  $\beta = 0,5818$ ,  $\eta$

= 137,9264 dan  $\gamma = 60,2325$ . Perhitungan *Cumulative Density Function* menggunakan persamaan 2.9 dan 2.25 sedangkan *failure rate* menggunakan persamaan 2.10 dan 2.23 sehingga hasil perhitungan diperoleh pada lampiran 4. Hasil perhitungan tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik CDF dan *failure rate* terhadap waktu pada gambar 4.28 dan gambar 4.29 di bawah ini.



Gambar 4.28 Grafik CDF Bolt Metric



Gambar 4.29 Grafik Failure Rate Bolt Metric

Pada gambar 4.28, grafik distribusi lognormal dan distribusi weibull berhimpit yang menunjukkan bahwa kedua grafik mempunyai nilai CDF yang hampir sama. Nilai probabilitas kegagalan = 1 untuk  $t > 800$  hari sehingga komponen ini dipastikan akan gagal jika dioperasikan melebihi waktu tersebut. Pada gambar 4.29, nilai *failure rate* mengalami penurunan untuk waktu operasi yang semakin panjang. Berdasarkan hal tersebut, komponen ini dapat dikategorikan dalam fase *burn-in*. Kondisi dimana terjadi penurunan laju kegagalan seiring dengan bertambahnya waktu.

Selain itu, jumlah kebutuhan komponen ditentukan dengan menggunakan persamaan 4.1. Parameter input yang dimasukkan dari distribusi weibull 3 parameter adalah MTTF (T) = 276,7 yang didapat dari persamaan 2.26,  $\sigma(T) = 395,26$  dan  $K = 1,43$  sedangkan parameter input distribusi lognormal yaitu MTTF (T) = 246,03 yang didapat dari persamaan 2.11,  $\sigma(T) = 307,13$  dan  $K = 1,25$  sehingga jumlah kebutuhan yang harus tersedia selama periode operasi 365 hari dengan tingkat keyakinan 95% sebesar 4,5 komponen untuk distribusi weibull 3 parameter dan sebanyak 4,3 komponen untuk distribusi lognormal ditambah dengan rata-rata kebutuhan pertahun sebesar 25 komponen sehingga total kebutuhan *bolt metric* yang harus tersedia adalah 30 komponen.

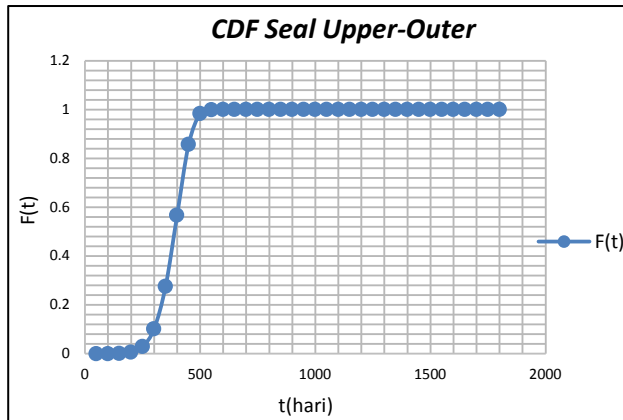
#### 4.3.9 Analisis Seal Upper-Outer

Data kegagalan *seal upper-outer* dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2014 ditampilkan pada tabel 4.28 berikut.

Tabel 4.28 Data Kegagalan Seal Upper-Outer

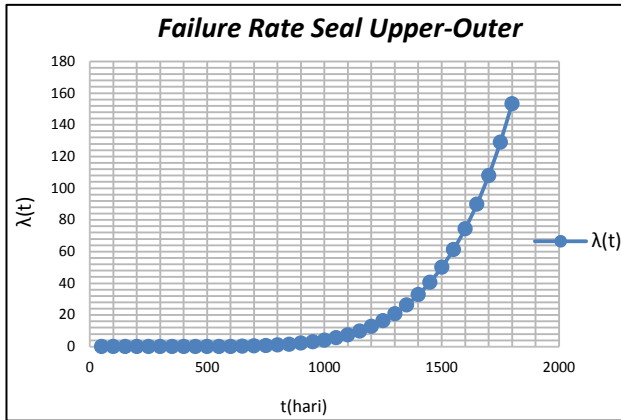
Waktu Kegagalan	Interval Kegagalan (hari)
1/4/2011	425
30/5/2012	327
22/4/2013	409
5/6/2014	

Distribusi paling sesuai yang didapatkan berdasarkan pengujian data tabel 4.28 adalah distribusi weibull 2 parameter dengan parameter  $\beta = 7,14$  dan  $\eta = 409,98$ . Perhitungan *Cumulative Density Function* menggunakan persamaan 2.20 dan *failure rate* menggunakan persamaan 2.18 sehingga hasil perhitungan diperoleh pada lampiran 4 Hasil perhitungan tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik CDF dan *failure rate* terhadap waktu pada gambar 4.30 dan gambar 4.31 di bawah ini.



Gambar 4.30 Grafik CDF *Seal Upper-Outer*





Gambar 4.31 Grafik *Failure Rate Seal Upper-Outer*

Pada grafik 4.30, nilai probabilitas kegagalan = 1 untuk  $t > 500$  hari sehingga komponen ini dipastikan akan gagal jika dioperasikan melebihi waktu tersebut. Sedangkan pada grafik 4.31, nilai *failure rate* semakin besar untuk waktu operasi yang semakin panjang. Berdasarkan hal tersebut, komponen ini dapat dikategorikan dalam fase *wear out*. Kondisi dimana terjadi penurunan fungsi dan peningkatan laju kegagalan yang sejalan dengan bertambahnya umur pakai.

Selain itu, jumlah kebutuhan komponen ditentukan dengan menggunakan persamaan 4.1. Parameter input yang dimasukkan adalah MTTF ( $T$ ) = 383,91 yang didapat dari persamaan 2.21,  $\sigma(T)$  = 63,3 dan  $K$  = 0,16 sehingga jumlah kebutuhan yang harus tersedia selama periode operasi 365 hari dengan tingkat keyakinan 95% sebesar 0,7 komponen ditambah dengan rata-rata kebutuhan pertahun sebesar 1 komponen sehingga total kebutuhan *seal upper-outer* yang harus tersedia adalah  $1,7 \approx 2$  komponen.

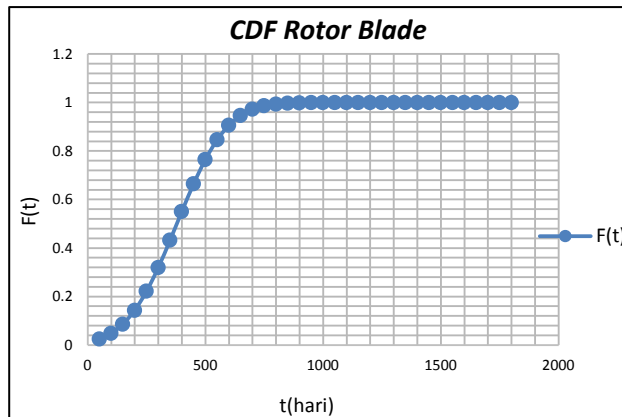
#### 4.3.10 Analisis *Rotor Blade*

Data kegagalan *rotor blade* dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2014 ditampilkan pada tabel 4.29 berikut.

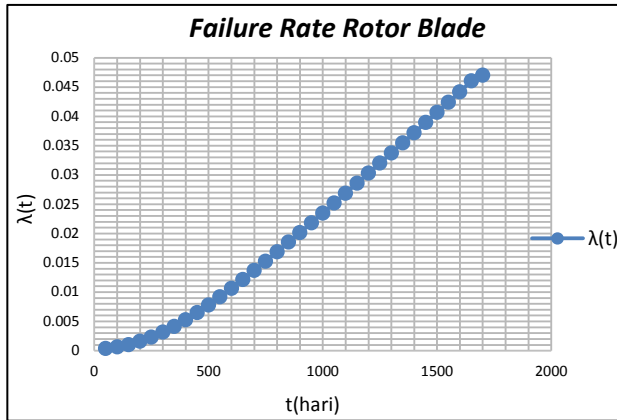
Tabel 4.29 Data Kegagalan *Rotor Blade*

Waktu Kegagalan	Interval Kegagalan (hari)
25/6/2011	230
11/12/2011	401
15/1/2013	505
4/6/2014	

Distribusi paling sesuai yang didapatkan berdasarkan pengujian data tabel 4.29 adalah distribusi normal dengan parameter  $\mu = 378,7$  dan  $\sigma = 167,858$ . Perhitungan *Cumulative Density Function* menggunakan persamaan 2.4 dan *failure rate* menggunakan persamaan 2.5 sehingga hasil perhitungan diperoleh pada lampiran 4. Hasil perhitungan tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik CDF dan *failure rate* terhadap waktu pada gambar 4.32 dan gambar 4.33 di bawah ini.



Gambar 4.32 Grafik *Cumulative Density Function Rotor Blade*



Gambar 4.33 Grafik *Failure Rate Rotor Blade*

Pada grafik 4.32, nilai probabilitas kegagalan = 1 untuk  $t > 700$  hari sehingga komponen ini dipastikan akan gagal jika dioperasikan melebihi waktu tersebut. Sedangkan pada grafik 4.33, nilai *failure rate* semakin besar untuk waktu operasi yang semakin panjang. Berdasarkan hal tersebut, komponen ini dapat dikategorikan dalam fase *wear out*. Kondisi dimana terjadi penurunan fungsi dan peningkatan laju kegagalan yang sejalan dengan bertambahnya umur pakai.

Selain itu, jumlah kebutuhan komponen ditentukan dengan menggunakan persamaan 4.1. Parameter input yang dimasukkan adalah MTTF ( $T$ ) = 378,7 yang didapat dari persamaan 2.6,  $\sigma(T)$  = 167,8 dan  $K$  = 0,44 sehingga dengan persamaan 4.1 diperoleh jumlah kebutuhan yang harus tersedia selama periode operasi 365 hari dengan tingkat keyakinan 95% sebesar 1,3 komponen ditambah dengan rata-rata kebutuhan pertahun sebesar 13,5 komponen sehingga total kebutuhan *rotor blade* yang harus tersedia adalah  $14,8 \approx 15$  komponen.

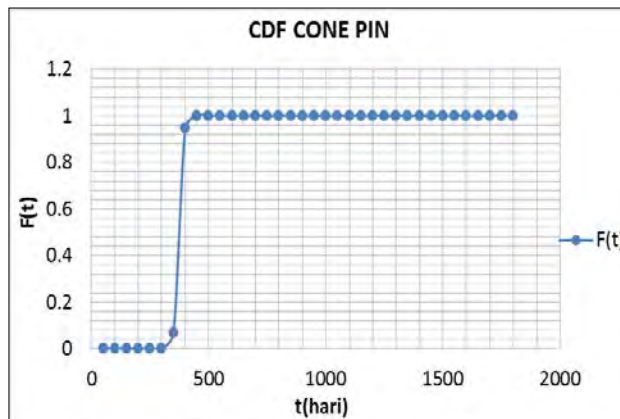
#### 4.3.11 Analisis Cone Pin

Data kegagalan *cone pin* dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2014 ditampilkan pada tabel 4.30 berikut.

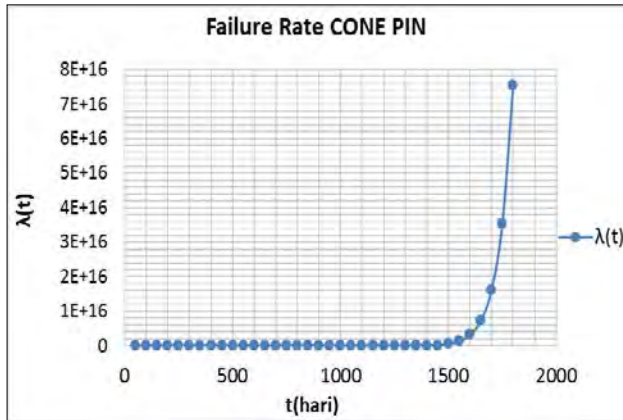
Tabel 4.30 Data Kegagalan *Cone Pin*

Waktu Kegagalan	Interval Kegagalan (hari)
26/4/2011	380
10/5/2012	391
5/6/2013	365
5/6/2014	

Distribusi paling sesuai yang didapatkan berdasarkan pengujian data tabel 4.30 adalah distribusi weibull 2 parameter dengan parameter  $\beta = 27,89$  dan  $\eta = 384,78$ . Perhitungan *Cumulative Density Function* menggunakan persamaan 2.20 dan *failure rate* menggunakan persamaan 2.18 sehingga hasil perhitungan diperoleh pada lampiran 4. Hasil perhitungan tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik CDF dan *failure rate* terhadap waktu pada gambar 4.34 dan gambar 4.35 di bawah ini.



Gambar 4.34 Grafik CDF *Cone Pin*



Gambar 4.35 Grafik *Failure Rate Cone Pin*

Pada grafik 4.34, nilai probabilitas kegagalan = 1 untuk  $t > 400$  hari sehingga komponen ini dipastikan akan gagal jika dioperasikan melebihi waktu tersebut. Sedangkan pada grafik 4.35, nilai *failure rate* semakin besar untuk waktu operasi yang semakin panjang. Berdasarkan hal tersebut, komponen ini dapat dikategorikan dalam fase *wear out*. Kondisi dimana terjadi penurunan fungsi dan peningkatan laju kegagalan yang sejalan dengan bertambahnya umur pakai.

Selain itu, jumlah kebutuhan komponen ditentukan dengan menggunakan persamaan 4.1. Parameter input yang dimasukkan adalah  $MTTF (T) = 377,1$  yang didapat dari persamaan 2.21,  $\sigma(T) = 16,9$  dan  $K = 0,04$  sehingga jumlah kebutuhan yang harus tersedia selama periode operasi 365 hari dengan tingkat keyakinan 95% sebesar 0,5 komponen ditambah dengan rata-rata kebutuhan pertahun sebesar 1 komponen sehingga total kebutuhan *cone pin* yang harus tersedia adalah  $1,5 \approx 2$  komponen.

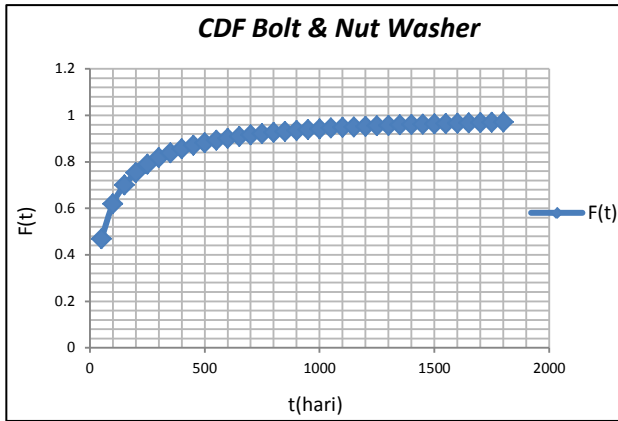
#### 4.3.12 Analisis *Bolt&Nut Washer*

Data kegagalan *bolt&nut washer* dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2014 ditampilkan pada tabel 4.31 berikut.

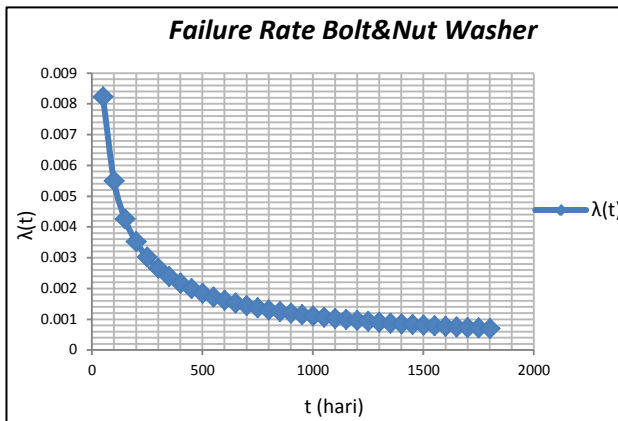
Tabel 4.31 Data Kegagalan *Bolt&Nut Washer*

Waktu Kegagalan	Interval Kegagalan (hari)
25/3/2011	40
4/5/2011	26
30/5/2011	347
11/5/2012	16
27/5/2012	1
28/5/2012	330
23/4/2013	414
11/6/2014	70
20/8/2014	133
31/12/2014	

Distribusi paling sesuai yang didapatkan berdasarkan pengujian data tabel 4.31 adalah distribusi lognormal dengan parameter  $\mu = 4.0592$  dan  $\sigma = 1.8177$ . Perhitungan *Cumulative Density Function* menggunakan persamaan 2.9 dan *failure rate* menggunakan persamaan 2.10 sehingga hasil perhitungan diperoleh pada lampiran 4. Hasil perhitungan tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik CDF dan *failure rate* terhadap waktu pada gambar 4.36 dan gambar 4.37 di bawah ini.



Gambar 4.36 Grafik CDF Bolt&amp;Nut Washer



Gambar 4.37 Grafik Failure Rate Bolt&amp;Nut Washer

Pada grafik 4.36, nilai probabilitas kegagalan = 1 untuk  $t > 1100$  hari sehingga komponen ini dipastikan akan gagal jika dioperasikan melebihi waktu tersebut. Sedangkan pada grafik 4.37, nilai *failure rate* mengalami penurunan untuk waktu operasi yang semakin panjang. Berdasarkan hal tersebut, komponen ini

dapat dikategorikan dalam fase *burn-in*. Kondisi dimana terjadi penurunan laju kegagalan seiring dengan bertambahnya waktu.

Selain itu, jumlah kebutuhan komponen ditentukan dengan menggunakan persamaan 4.1. Parameter input yang dimasukkan adalah MTTF ( $T$ ) = 302,2 yang didapat dari persamaan 2.11,  $\sigma(T)$  = 1547,7 dan  $K$  = 5,12 sehingga dengan persamaan 4.1 diperoleh jumlah kebutuhan yang harus tersedia selama periode operasi 365 hari dengan tingkat keyakinan 95% sebesar 23,07 komponen ditambah dengan rata-rata kebutuhan pertahun sebesar 16 komponen sehingga total kebutuhan *bolt&nut washer* yang harus tersedia adalah sebesar  $39,07 \approx 40$  komponen.

#### 4.3.13 Analisis *Fluid Port dan Poppet*

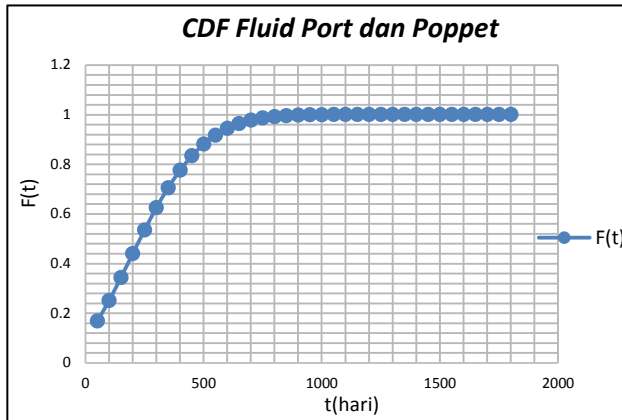
Data kegagalan *fluid port dan poppet* dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2014 ditampilkan pada tabel 4.32 berikut.

Tabel 4.32 Data Kegagalan *Fluid Port dan Poppet*

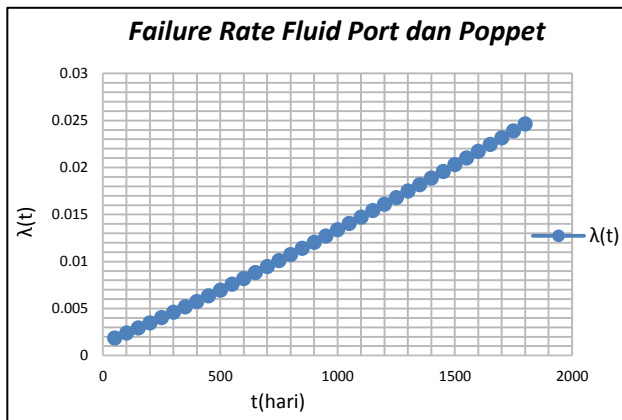
Waktu Kegagalan	Interval Kegagalan (hari)
11/2/2011	423
9/4/2012	24
3/5/2012	245
3/1/2013	127
10/5/2013	389
3/6/2014	

Distribusi paling sesuai yang didapatkan berdasarkan pengujian data tabel 4.32 adalah distribusi weibull 3 parameter. Kedua komponen tersebut mempunyai interval waktu kegagalan yang sama sehingga didapatkan distribusi dan parameter yang sama pula yaitu  $\beta = 2,17$ ,  $\eta = 469,3$  dan  $\gamma = -164,66$ . Perhitungan *Cumulative Density Function* menggunakan persamaan 2.25 dan *failure rate* menggunakan persamaan 2.23 sehingga hasil perhitungan diperoleh pada lampiran 4. Hasil perhitungan tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik CDF dan *failure rate* terhadap waktu pada gambar 4.38 dan gambar 4.39 di bawah ini.





Gambar 4.38 Grafik CDF *Fluid Port dan Poppet*



Gambar 4.39 Grafik *Failure Rate Fluid Port dan Poppet*

Pada grafik 4.38, nilai probabilitas kegagalan = 1 untuk  $t > 600$  hari sehingga komponen ini dipastikan akan gagal jika dioperasikan melebihi waktu tersebut. Sedangkan pada grafik 4.39, nilai *failure rate* semakin besar untuk waktu operasi yang semakin panjang. Berdasarkan hal tersebut, komponen ini dapat dikategorikan dalam fase *wear out*. Kondisi dimana terjadi

penurunan fungsi dan peningkatan laju kegagalan yang sejalan dengan bertambahnya umur pakai.

Selain itu, jumlah kebutuhan komponen ditentukan dengan menggunakan persamaan 4.1. Parameter input yang dimasukkan adalah MTTF ( $T$ ) = 250,9 yang didapat dari persamaan 2.26,  $\sigma(T)$  = 202,05 dan  $K$  = 0,81 sehingga dengan persamaan 4.1 diperoleh jumlah kebutuhan yang harus tersedia selama periode operasi 365 hari dengan tingkat keyakinan 95% sebesar 2,8 komponen ditambah dengan rata-rata kebutuhan pertahun sebesar 3,75 komponen sehingga total kebutuhan *fluid port&poppet* yang harus tersedia adalah  $6,55 \approx 7$  komponen.

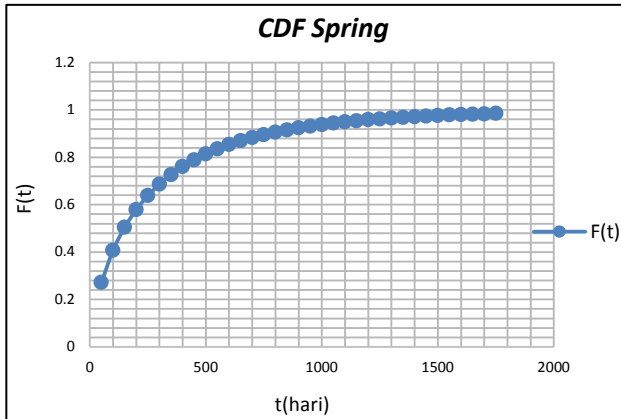
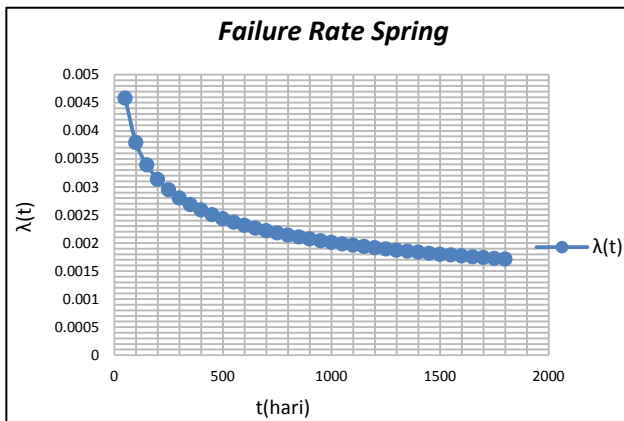
#### 4.3.14 Analisis *SPRING*

Data kegagalan *spring* dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2014 ditampilkan pada tabel 4.33 berikut.

Tabel 4.33 Data Kegagalan *Spring*

Waktu Kegagalan	Interval Kegagalan (hari)
11/2/2011	418
4/4/2012	29
3/5/2012	245
3/1/2013	105
18/4/2013	411
3/6/2014	

Distribusi paling sesuai yang didapatkan berdasarkan pengujian data tabel 4.33 adalah distribusi weibull 2 parameter dengan parameter  $\beta = 0,725$  dan  $\eta = 244,63$ . Perhitungan *Cumulative Density Function* menggunakan persamaan 2.20 dan *failure rate* menggunakan persamaan 2.18 sehingga hasil perhitungan diperoleh pada lampiran 4. Hasil perhitungan tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik CDF dan *failure rate* terhadap waktu pada gambar 4.40 dan gambar 4.41 di bawah ini.

Gambar 4.40 Grafik CDF *Spring*Gambar 4.41 Grafik *Failure Rate Spring*

Pada grafik 4.40, nilai probabilitas kegagalan = 1 untuk  $t > 1000$  hari sehingga komponen ini dipastikan akan gagal jika dioperasikan melebihi waktu tersebut. Sedangkan pada grafik 4.41, nilai *failure rate* mengalami penurunan untuk waktu operasi

yang semakin panjang. Berdasarkan hal tersebut, komponen ini dapat dikategorikan dalam fase *burn-in*. Kondisi dimana terjadi penurunan laju kegagalan seiring dengan bertambahnya waktu.

Selain itu, jumlah kebutuhan komponen ditentukan dengan menggunakan persamaan 4.1. Parameter input yang dimasukkan adalah MTTF ( $T$ ) = 299,9 yang didapat dari persamaan 2.21,  $\sigma(T) = 420,7$  dan  $K = 1,4$  sehingga jumlah kebutuhan yang harus tersedia selama periode operasi 365 hari dengan tingkat keyakinan 95% sebesar 4,2 komponen ditambah dengan rata-rata kebutuhan pertahun sebesar 4 komponen sehingga total kebutuhan *spring* yang harus tersedia adalah  $8,2 \approx 9$  komponen.

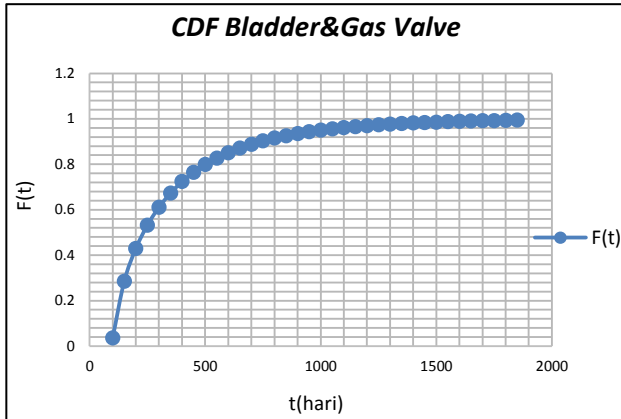
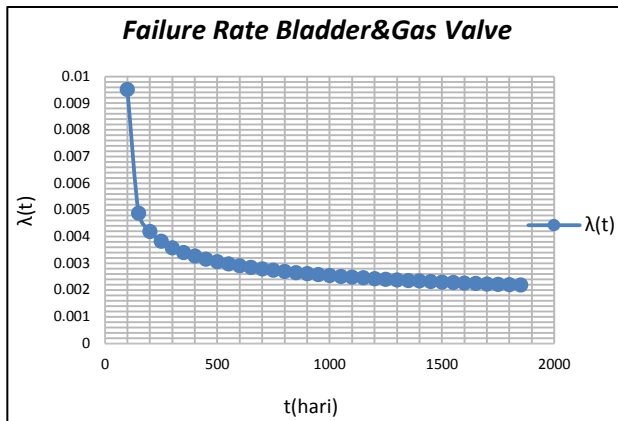
#### 4.3.15 Analisis *Bladder&Gas Valve*

Data kegagalan *bladder&gas valve* dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2014 ditampilkan pada tabel 4.34 berikut.

Tabel 4.34 Data Kegagalan *Bladder&Gas Valve*

Waktu Kegagalan	Interval Kegagalan (hari)
4/5/2011	383
21/5/2012	119
17/9/2012	183
19/3/2013	454
16/6/2014	

Distribusi paling sesuai yang didapatkan berdasarkan pengujian data tabel 4.34 adalah distribusi weibull 3 parameter dengan parameter  $\beta = 0,77$ ,  $\eta = 219$  dan  $\gamma = 97,09$ . Perhitungan *Cumulative Density Function* menggunakan persamaan 2.25 dan *failure rate* menggunakan persamaan 2.23 sehingga hasil perhitungan diperoleh pada lampiran 4. Hasil perhitungan tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik CDF dan *failure rate* terhadap waktu pada gambar 4.42 dan gambar 4.43 di bawah ini.

Gambar 4.42 Grafik CDF *Bladder&Gas Valve*Gambar 4.43 Grafik *Failure Rate Bladder&Gas Valve*

Pada grafik 4.42, nilai probabilitas kegagalan = 1 untuk  $t > 1000$  hari sehingga komponen ini dipastikan akan gagal jika dioperasikan melebihi waktu tersebut. Sedangkan pada grafik 4.43, nilai *failure rate* mengalami penurunan untuk waktu operasi yang semakin panjang. Berdasarkan hal tersebut, komponen ini

dapat dikategorikan dalam fase *burn-in*. Kondisi dimana terjadi penurunan laju kegagalan seiring dengan bertambahnya waktu.

Selain itu, jumlah kebutuhan komponen ditentukan dengan menggunakan persamaan 4.1. Parameter input yang dimasukkan adalah  $MTTF(T) = 352,6$  yang didapat dari persamaan 2.26,  $\sigma(T) = 335,7$  dan  $K = 0,95$  sehingga jumlah kebutuhan yang harus tersedia selama periode operasi 365 hari dengan tingkat keyakinan 95% sebesar 2,6 komponen ditambah dengan rata-rata kebutuhan pertahun sebesar 3,75 komponen sehingga total kebutuhan *bladder&gas valve* yang harus tersedia adalah  $6,35 \approx 7$  komponen.

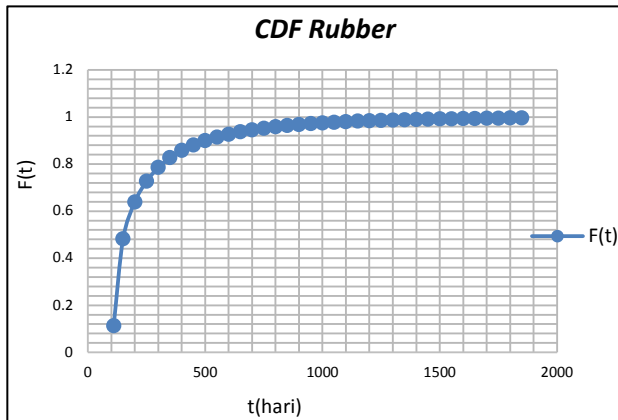
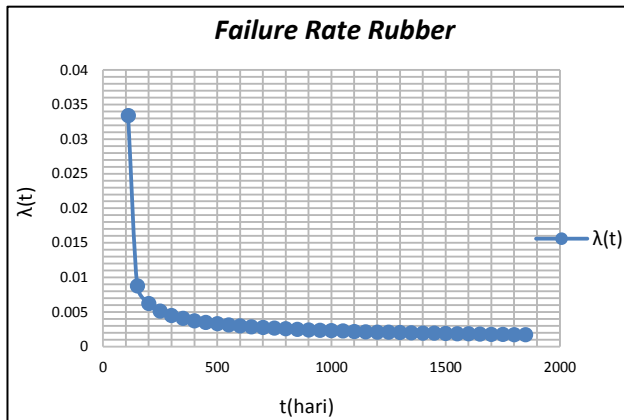
#### 4.3.16 Analisis Rubber

Data kegagalan *rubber* dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2014 ditampilkan pada tabel 4.35 berikut.

Tabel 4.35 Data Kegagalan Rubber

Waktu Kegagalan	Interval Kegagalan (hari)
22/3/2011	545
17/9/2012	108
3/1/2013	113
26/4/2013	266
17/1/2014	150
16/6/2014	178
11/12/2014	

Distribusi paling sesuai yang didapatkan berdasarkan pengujian data tabel 4.35 adalah distribusi weibull 3 parameter dengan parameter  $\beta = 0,56$ ,  $\eta = 89,3$  dan  $\gamma = 108$ . Perhitungan *Cumulative Density Function* menggunakan persamaan 2.25 dan *failure rate* menggunakan persamaan 2.23 sehingga hasil perhitungan diperoleh pada lampiran 4. Hasil perhitungan tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik CDF dan *failure rate* terhadap waktu pada gambar 4.44 dan gambar 4.45 di bawah ini.

Gambar 4.44 Grafik CDF *Rubber*Gambar 4.45 Grafik *Failure Rate Rubber*

Pada grafik 4.44, nilai probabilitas kegagalan = 1 untuk  $t > 800$  hari sehingga komponen ini dipastikan akan gagal jika dioperasikan melebihi waktu tersebut. Sedangkan pada grafik 4.45, nilai *failure rate* mengalami penurunan untuk waktu operasi

yang semakin panjang. Berdasarkan hal tersebut, komponen ini dapat dikategorikan dalam fase *burn-in*. Kondisi dimana terjadi penurunan laju kegagalan seiring dengan bertambahnya waktu.

Selain itu, jumlah kebutuhan komponen ditentukan dengan menggunakan persamaan 4.1. Parameter input yang dimasukkan adalah MTTF ( $T$ ) = 255,2 yang didapat dari persamaan 2.26,  $\sigma(T)$  = 283,4 dan  $K$  = 1,11 sehingga jumlah kebutuhan yang harus tersedia selama periode operasi 365 hari dengan tingkat keyakinan 95% sebesar 3,7 komponen ditambah dengan rata-rata kebutuhan pertahun sebesar 7,25 komponen sehingga total kebutuhan *rubber* yang harus tersedia adalah 10,95  $\approx$  11 komponen.

#### 4.3.17 Analisis *Bearing Spher*

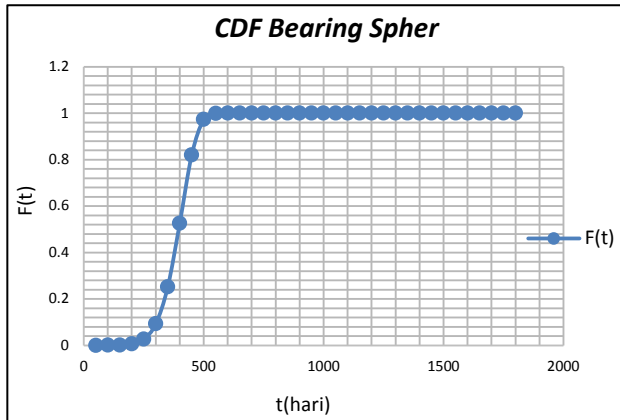
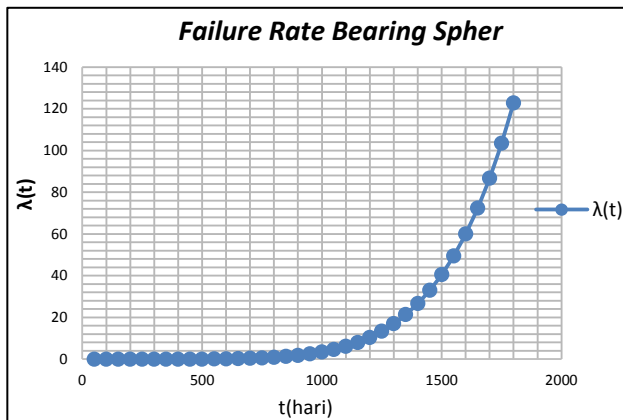
Data kegagalan *bearing spher* dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2014 ditampilkan pada tabel 4.36 berikut.

Tabel 4.36 Data Kegagalan *Bearing Spher*

Waktu Kegagalan	Interval Kegagalan (hari)
12/3/2011	429
14/5/2012	330
9/4/2013	422
5/6/2014	

Distribusi paling sesuai yang didapatkan berdasarkan pengujian data tabel 4.36 adalah distribusi weibull 2 parameter dengan parameter  $\beta = 7,07$  dan  $\eta = 417$ . Perhitungan *Cumulative Density Function* menggunakan persamaan 2.20 dan *failure rate* menggunakan persamaan 2.18 sehingga hasil perhitungan diperoleh pada lampiran 4. Hasil perhitungan tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik CDF dan *failure rate* terhadap waktu pada gambar 4.46 dan gambar 4.47 di bawah ini.



Gambar 4.46 Grafik CDF *Bearing Spher*Gambar 4.47 Grafik *Failure Rate Bearing Spher*

Pada grafik 4.46, nilai probabilitas kegagalan = 1 untuk  $t > 500$  hari sehingga komponen ini dipastikan akan gagal jika dioperasikan melebihi waktu tersebut. Sedangkan pada grafik 4.47, nilai *failure rate* semakin besar untuk waktu operasi yang semakin panjang. Berdasarkan hal tersebut, komponen ini dapat

dikategorikan dalam fase *wear out*. Kondisi dimana terjadi penurunan fungsi dan peningkatan laju kegagalan yang sejalan dengan bertambahnya umur pakai.

Selain itu, jumlah kebutuhan komponen ditentukan dengan menggunakan persamaan 4.1. Parameter input yang dimasukkan adalah MTTF ( $T$ ) = 390,5 yang didapat dari persamaan 2.21,  $\sigma(T)$  = 64,9 dan  $K$  = 0,17 sehingga jumlah kebutuhan yang harus tersedia selama periode operasi 365 hari dengan tingkat keyakinan 95% sebesar 0,7 komponen ditambah dengan rata-rata kebutuhan pertahun sebesar 1,25 komponen sehingga total kebutuhan *bearing sphere* yang harus tersedia adalah  $1,95 \approx 2$  komponen.

Berdasarkan hasil analisis pada sub bab ini, nilai perhitungan kebutuhan dan nilai rata-rata kebutuhan per tahun terkadang menunjukkan perbedaan yang cukup besar sehingga dimungkinkan terdapat ketidaktepatan hasil dikarenakan selalu terdapat lebih dari satu jumlah komponen dalam suatu sistem. Selain itu, data interval waktu kegagalan yang digunakan tidak dapat menunjukkan bahwa kegagalan tersebut terjadi pada komponen yang mana sehingga menyebabkan kemungkinan terjadinya kegagalan pada komponen yang sama ataupun kemungkinan sama sekali tidak terjadi kegagalan komponen dalam rentang waktu analisis. Waktu penggantian komponen juga masih berdasarkan indikasi kerusakan saat kegiatan inspeksi dan juga bergantung pada ketersediaan komponen di gudang sehingga menyebabkan data jumlah kebutuhan komponen saat terjadi kegagalan juga bervariasi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB V PEMBAHASAN

Terdapat tiga jenis perawatan yang diterapkan Departemen *Maintenance* yaitu operasional yang merupakan kegiatan inspeksi rutin harian atau mingguan, *service* berupa kegiatan penindakan dari indikasi kerusakan ringan ketika inspeksi dan hanya dapat dilakukan saat sistem berhenti serta *overhaul* yang dilakukan rutin oleh perusahaan secara terjadwal dalam kurun waktu satu tahun sekali. Pada saat *overhaul* biasanya dilakukan perawatan untuk jenis kerusakan yang berat yang tidak dapat ditangani saat *service*. Dalam proses perawatan tersebut tentu tidak lepas dari kebutuhan komponen. Jumlah komponen yang terdapat dalam sistem sesuai dengan *manual book*, rata-rata ( $\mu$ ) dan *standar deviasi* ( $\sigma$ ) kebutuhan komponen per tahun yang diperoleh berdasarkan lampiran 3 ditampilkan pada tabel 5.1 di bawah ini.

Tabel 5.1 Jumlah Komponen dan Permintaan Komponen

Nama Komponen	Jumlah Komponen dalam Sistem	$\mu$	$\Sigma$
<i>Cap Screw Socket</i>	60	31.25	27.801
<i>Bolt Tee Head</i>	64	7.25	6.1847
<i>Washer Spring</i>	204	53	30.739
<i>Nut Hex</i>	64	7.25	6.1847
<i>Seal Axle</i>	8	2.5	1.291
<i>Louvre Ring Insert</i>	60	9.5	6.3509
<i>Washer Flat</i>	400	300	115.47
<i>Bolt Metric Taper Head</i>	80	20.75	18.482
<i>Bolt Metric</i>	100	25	13.229
<i>Seal Upper-Outer</i>	10	1	0
<i>Rotor Blade</i>	64	13.5	13.528
<i>Cone Pin</i>	8	1	0

<i>Bolt &amp; Nut Washer</i>	100	16	6.532
<i>Fluid Port</i>	12	3.75	3.594
<i>Poppet</i>	12	3.75	3.594
<i>Spring</i>	12	4	3.0822
<i>Bladder&amp;Gas Valve</i>	12	3.75	2.5
<i>Rubber</i>	12	7.25	7.5884
<i>Bearing Spher</i>	8	1.25	0.5

Berdasarkan data di atas, nilai rata-rata kebutuhan komponen per tahun ( $\mu$ ) jauh berbeda dengan jumlah komponen dalam sistem yang menunjukkan bahwa proses penggantian saat kegiatan perawatan tidak dilakukan pada seluruh komponen dalam sistem. Selain itu untuk beberapa komponen, nilai *standar deviasi* kebutuhan komponen per tahun ( $\sigma$ ) terlihat perbedaan cukup besar terhadap rata-ratanya yang berarti nilai kebutuhan komponen tiap tahunnya bervariasi terhadap nilai rata-rata kebutuhan komponen per tahun ( $\mu$ ). Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan jumlah komponen yang diganti tiap tahun dikarenakan waktu penggantian komponen hanya berdasarkan indikasi kerusakan saat inspeksi dan bukan berdasarkan interval waktu tertentu.

Di sisi lain, proses penggantian saat *service* maupun *overhaul* membutuhkan suatu persediaan sehingga komponen harus selalu tersedia. Data kebutuhan sistem menurut *manual book* merupakan data acuan bagi *Departemen Maintenance* sebagai persediaan yang harus dijaga. Data kebutuhan sistem, persediaan komponen di gudang serta rata-rata kebutuhan komponen per tahun ( $\mu$ ) ditampilkan pada tabel 5.2 di bawah ini.

Tabel 5.2 Perbandingan Jumlah Komponen

Nama Komponen	Kebutuhan Sistem	Persediaan	M
<i>Cap Screw Socket</i>	60	190	31.25
<i>Bolt Tee Head</i>	64	32	7.25
<i>Washer Spring</i>	204	49	53
<i>Nut Hex</i>	64	34	7.25
<i>Seal Axle</i>	8	2	2.5
<i>Louvre Ring Insert</i>	60	0	9.5
<i>Washer Flat</i>	400	18	300
<i>Bolt Metric Taper Head</i>	80	11	20.75
<i>Bolt Metric</i>	100	254	25
<i>Seal Upper-Outer</i>	10	0	1
<i>Rotor Blade</i>	64	46	13.5
<i>Cone Pin</i>	8	3	1
<i>Bolt &amp; Nut Washer</i>	100	22	16
<i>Fluid Port</i>	12	20	3.75
<i>Poppet</i>	12	20	3.75
<i>Spring</i>	12	20	4
<i>Bladder&amp;Gas Valve</i>	12	3	3.75
<i>Rubber</i>	12	0	7.25
<i>Bearing Spher</i>	8	3	1.25

Pada tabel 5.2 menunjukkan bahwa kebutuhan sistem dibandingkan dengan kebutuhan rata-rata komponen per tahun ( $\mu$ ) dianggap masih terlalu cukup besar bagi sisi pengadaan. Apabila pemenuhan kebutuhan komponen dilakukan sesuai data kebutuhan sistem maka nantinya akan menimbulkan indikasi *overstock* yang berakibat pada tingginya nilai persediaan. Namun bagi sisi *maintenance*, persediaan di gudang dengan kebutuhan

sistem ternyata masih terdapat banyak *stockout* komponen sehingga hal tersebut menyebabkan ketidaktersediaan komponen ketika diperlukan proses penggantian sehingga berakibat pada turunya keandalan sistem.

Sesuai kondisi di atas, waktu penggantian dan persediaan komponen seharusnya dapat diprediksi dan ditentukan melalui nilai keandalannya. Dalam Tugas Akhir ini, data banyaknya komponen yang dikonsumsi atau dibutuhkan tiap peralatan pada periode waktu tertentu berasal dari Departemen Pengadaan dan data *history* waktu kerusakan berasal dari Departemen *Maintenance*. Berdasarkan kedua data tersebut, laju kegagalan dan prediksi jumlah kebutuhan komponen selama periode operasi tertentu telah didapatkan serta dibahas pada sub bab 4.3. Oleh karena itu, tahapan selanjutnya adalah menentukan waktu penggantian dan pengadaan komponen. Hal ini dilakukan dengan tujuan menjaga keandalan sistem dengan tetap memperoleh nilai persediaan yang minimum.

Berdasarkan lampiran 4, nilai keandalan (R) komponen didapatkan menggunakan persamaan pada sub bab 2.5 untuk distribusi yang sesuai. Pada Tugas Akhir ini diberikan batas nilai keandalan komponen antara 0,8 sampai 0,9 atau dengan kata lain probabilitas kegagalannya sebesar 0,2 sampai 0,1. Hal tersebut menyatakan apabila komponen dioperasikan pada waktu tertentu maka terjadi 10% sampai 20% kegagalan dan keandalan yang dihasilkan komponen sebesar 80% sampai 90%. Nilai keandalan komponen berdasarkan data lampiran 4 ditampilkan pada tabel 5.3.

Tabel 5.3 Nilai Keandalan Komponen

Nama Komponen	Interval Waktu (hari)	Nilai Keandalan
<i>Cap Screw Socket</i>	200 – 250	0,86 – 0,74
<i>Bolt Tee Head</i>	100 – 150	0,83 – 0,76
<i>Washer Spring</i>	50	0,64
<i>Nut Hex</i>	100 – 150	0,83 – 0,76
<i>Seal Axle</i>	100 – 150	0,82 – 0,74
<i>Louvre Ring Insert</i>	50	0,60
<i>Washer Flat</i>	50	0,64
<i>Bolt Metric Taper Head</i>	50	0,53
<i>Bolt Metric</i>	50-100	0,88 – 0,67
<i>Seal Upper-Outer</i>	300 – 350	0,89 – 0,72
<i>Rotor Blade</i>	200 – 250	0,86 – 0,78
<i>Cone Pin</i>	350 – 400	0,93 – 0,5
<i>Bolt &amp; Nut Washer</i>	50	0,53
<i>Fluid Port</i>	50 – 100	0,83 – 0,75
<i>Poppet</i>	50 – 100	0,83 – 0,75
<i>Spring</i>	50	0,73
<i>Bladder&amp;Gas Valve</i>	100 – 150	0,96 – 0,71
<i>Rubber</i>	110 – 150	0,89 – 0,52
<i>Bearing Spher</i>	300 – 350	0,91 – 0,75

Berdasarkan tabel 5.3, batas nilai keandalan yang didapatkan berkisar antara 0,5 sampai dengan 0,9 pada interval waktu tertentu. Interval waktu tersebut berguna untuk menentukan kapan seharusnya dilakukan penggantian komponen apabila keandalan komponen diinginkan tetap terjaga pada batas 0,8 – 0,9. Bagi beberapa komponen yang telah memiliki nilai keandalan di bawah batas tersebut, seharusnya penggantian segera dilakukan agar keandalan komponen maupun sistem tetap terjaga.



Selain didapat rekomendasi waktu interval penggantian komponen sesuai tabel 5.3, waktu pengadaan komponen juga diusulkan agar tidak menimbulkan adanya *overstock* maupun *stockout*. Dari 19 komponen non-rutin yang diusulkan untuk dijadikan komponen rutin tersebut tidak harus dilakukan pengadaan secara rutin dalam interval waktu tertentu namun komponen tersebut dapat diadakan rutin secara kondisional. Hal tersebut mempunyai artian bahwa proses pengadaan untuk komponen yang dibutuhkan dalam kegiatan *overhaul*, sebaiknya dilakukan mendekati waktu *overhaul* sehingga tidak akan memicu adanya *overstock* dan banyaknya komponen yang dipesan adalah sejumlah kebutuhan sistem atau dengan kata lain seluruh komponen dalam sistem diganti. Sedangkan untuk menghindari adanya *stockout* saat kegiatan *service*, waktu dan banyaknya pengadaan komponen tersebut dapat dilakukan menggunakan pendekatan perhitungan laju kegagalan. Namun sistem informasi mengenai waktu kegagalan untuk setiap komponen sebaiknya harus diperbaiki terlebih dahulu agar umur suatu komponen dan banyaknya komponen yang harus disediakan saat kegiatan perawatan dapat diprediksi dengan mudah dan hasil yang didapat juga tepat. Kombinasi tersebut diharapkan dapat tetap menjaga keandalan sistem dengan pengeluaran persediaan seminimal mungkin.

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem yang memiliki total *unscheduled downtime* tertinggi adalah sistem *roller mill*. Sistem tersebut dibagi dalam empat subsistem yaitu *grinding subsystem*, *drying&transportating subsystem*, *separating subsystem* dan *hydraulic subsystem*.
2. Dalam sistem *roller mill* didapatkan 87 komponen yang digunakan untuk kegiatan perawatan. Dari komponen-komponen tersebut, terdapat 19 komponen mengalami reklasifikasi dari komponen non-rutin menjadi komponen rutin.
3. Terdapat 9 komponen yang berada dalam fase *wear out* ditandai dengan mulai memburuknya kondisi komponen dan 10 komponen yang berada dalam fase *burn-in* yang disebabkan oleh kesalahan dalam pembuatan atau desain, kesalahan pemasangan, maupun kesalahan operator. Komponen yang berada pada fase *wear out* perlu dilakukan penggantian komponen untuk mengurangi terjadinya probabilitas kerusakan yang lebih fatal sedangkan komponen yang berada pada fase *burn-in* perlu dilakukan pemasangan dan perawatan secara benar agar dapat diperoleh kembali keandalannya.
4. Pengadaan untuk 19 komponen yang mengalami reklasifikasi tersebut tidak harus dilakukan secara rutin dalam interval waktu tertentu namun komponen tersebut dapat diadakan rutin secara kondisional yang artinya pengadaannya hanya dilakukan saat akan dilakukan kegiatan *service* ataupun *overhaul* untuk menghindari adanya *overstock* dan *stockout* komponen dengan tetap mempertimbangkan *lead time* pengadaan.

## 6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan pada penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Sistem perawatan yang dilakukan perusahaan ternyata tidak menggunakan teori perawatan seperti RCM untuk mencegah *failure mode* yang terjadi sehingga prediksi umur peralatan dan waktu penggantian komponen mengalami kesulitan. Oleh karena itu sebaiknya digunakan sistem perawatan yang baik agar prediksi umur peralatan dan waktu penggantian komponen dapat dilakukan dengan mudah.
2. Proses pengadaan komponen lebih efektif dan efisien jika dilakukan pada saat mendekati *overhaul* sehingga tidak memicu adanya *overstock* komponen dan nilai persediaan juga akan minimum. Namun untuk menghindari adanya *stockout* komponen diluar kegiatan *overhaul*, pengadaan komponen dapat dilakukan berdasarkan prediksi waktu kegagalan sehingga keandalan sistem tetap terjaga.
3. Pada saat *overhaul* sebaiknya dilakukan penggantian seluruh komponen sehingga akan meningkatkan keandalan sistem. Meskipun didapatkan biaya persediaan yang tinggi namun biaya perawatan pencegahan dan biaya *downtime* akan minimum sehingga didapatkan nilai total yang optimal.
4. Dilakukan perbaikan sistem informasi mengenai data *history* waktu kegagalan tiap komponen dalam sistem sehingga akan mempermudah dalam penentuan umur komponen.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Barai, R M., Barve, P S., Harde, A V., and Kadam, A D. 2012. *Reliability Centered Maintenance Methodology for Goliath Crane of Transmission Tower*. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering.
- [2] Callom, Frank L., Mustafa, Salim G., and Sheikh, Anwar K. 1990. *Strategies in Spare Part Management Using a Reliability Engineering Approach*. Saudi Arabia
- [3] Fadeli, M. Fiqi. 2012. *Penentuan Kebijakan Perawatan Dan Optimasi Persediaan Suku Cadang (Studi Kasus: Coal Handling System PLTU Paiton)*. Surabaya: Tugas Akhir Jurusan Teknik Industri FTI-ITS.
- [4] Sari, Weny Yuliana. 2012. *Perancangan Kebijakan Perawatan Dan Penentuan Persediaan Spare Part Pabrik Urea Kaltim*. Surabaya: Tugas Akhir Jurusan Teknik Industri FTI-ITS.
- [5] Riggs, James L. 1987. *Production System Planning, Analysis and Control*. Singapore: John Wiley & Sons.
- [6] Tersine, Richard J. 1994. *Principles of Persediaan and Materials Management*. 4<sup>th</sup> Edition. New York: Prentice Inc.
- [7] Biegel, John E. 1980. *Production Control*. New Delhi: Prentice Hall of India.
- [8] Pujawan, I Nyoman. 2010. *Supply Chain Management*. Edisi Kedua. Surabaya: Guna Widya.
- [9] Moubray, John. 1997. *Reliability Centered Maintenance*. 2<sup>nd</sup> Edition. New York: Industrial Press Inc.
- [10] NASA .2000. *Reliability Centered Maintenance Guide for Facilities and Collateral Komponen*.
- [11] Ebeling, C.E. 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. Singapore: The McGraw-Hill Companies.

- [12] Sutikno, Andik. 2013. *Vertikal Raw Mill di Pabrik Tuban*. Tuban, Indonesia : Pemeliharaan Roller Mill 1-2, PT. Semen Indonesia.
- [13] Anonim. 2008. *Materi Training Tenaga PWKT*. Tuban, Indonesia : Pemeliharaan Roller Mill 1-2, PT. Semen Indonesia.

## LAMPIRAN 1

### Frekuensi *Downtime* Sistem pada Unit Pengolahan Bahan

Nama Sistem	Frekuensi Downtime Tahun 2011			Frekuensi Downtime Tahun 2012			Frekuensi Downtime Tahun 2013			Frekuensi Downtime Tahun 2014			Total Frekuensi Downtime Plan 1	Total Frekuensi Downtime Plan 2	Total Frekuensi Downtime Plan 3
	Plan 1	Plan 2	Plan 3	Plan 1	Plan 2	Plan 3	Plan 1	Plan 2	Plan 3	Plan 1	Plan 2	Plan 3			
Roller Mill	143	211	113	148	155	141	119	222	175	147	18	102	557	606	531
Reclaimer	82	59	39	84	45	38	50	122	135	34	7	22	250	233	234
Belt Conveyor	39	77	32	56	79	40	47	147	153	83	17	31	225	320	256
Bucket Elevator	9	28	19	45	20	17	10	114	124	27	1	4	91	163	164
Weight Feeder	39	9	6	24	15	13	11	124	115	9	8	1	83	156	135
Roller Mill Fan	9	6	18	14	13	4	7	108	0	4	2	0	34	129	22
Mix Bin	2	0	7	5	9	10	6	105	107	2	0	1	15	114	125
Air Slide	1	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	3	1	1

## LAMPIRAN 2

### Hasil Pengujian Distribusi Interval Waktu Kegagalan

- Hasil Pengujian *Cap Screw Socket*

Time	Failed
1	230
2	324
3	489
4	4
5	4

**Ranking**

DISTRIBUTION	Ranking
Exponential 1	5
Exponential 2	3
Normal	3
Lognormal	4
Weibull 2	2
Weibull 3	1

**Parameters/Type**

Beta: 5.0000  
Eta: 615.5072  
Gamma: 155.4250  
Rho: 1.0000  
Lk Value: 17.8093

**Chi-Square**  
F=3/5-d

- Hasil Pengujian *Bolt Tee Head dan Nut Hex*

Time	Failed
1	22
2	308
3	434
4	443

**Ranking**

DISTRIBUTION	Ranking
Exponential 1	5
Exponential 2	4
Normal	1
Lognormal	6
Weibull 2	3
Weibull 3	2

**Parameters/Type**

Mean: 301.7500  
Std: 211.3850  
Rho: 0.9134  
Lk Value: 26.3856

**Chi-Square**  
F=4/5-d

- Hasil Pengujian *Washer Spring*

**Properties**

Domain: Continuous  
Min: 0  
Max: +INF  
Mode: 0  
Mean: 221.42  
Variance: 1.1311E+5  
St. Dev.: 336.33  
Coef. of Var.: 1.5189  
Skewness: 3.6387  
Kurtosis: 23.222

**Functions**

**Survival**

Function	Value
Density	1.2454E-5
Cum. Density	0.9933
Survival	0.0067
Hazard	0.0018
Cum. Hazard	5.0052

**Inverse CDF**

Function	Value
P	0.5
x(P)	98.591

**Parameters**

$\alpha$ : 0.67743  
 $\beta$ : 169.36  
 $\gamma$ : 0

- Hasil Pengujian *Seal Axle*

File View Help

f F S h H

Normal

Graphs Calculations Probabilities

Properties

Domain: Continuous

Min: -INF

Max: +INF

Mode: 270

Mean: 270

Variance: 32232.0

St. Dev: 179.53

Coef. of Var: 0.66434

Skewness: 0

Kurtosis: 0

Functions

x: 365

Density: 0.00193

Cum. Density: 0.70165

Survival: 0.29835

Hazard: 0.00647

Cum. Hazard: 1.2095

Inverse CDF

P: 0.5

x(P): 270

Parameters

$\sigma$ : 179.53

$\mu$ : 270

Apply Reset

Delimiters

Bounds

- Hasil Pengujian *Louvre Ring Insert*

Time Failed

DISTRIBUTION Ranking

1 2 Exponential 1 5

2 20 Exponential 2 6

3 309 Normal 3 3

4 398 Lognormal 4 4

5 402 Weibull 2 1

6 Weibull 3 2

Report...

Rank Regression Estimation (RRE)

Step 3 is completed.  
Column 1 presents the ranking of distributions.  
You may press (Implement Suggestion)  
to implement the top ranking distribution.

Settings and Comments

Webull Normal

Lognormal Exponential

Parameter Type

1 2 3

Mixed Comp FM

Beta 0.4600

Eta 3209.3912

File 0.9427

Ln Value 32.0022

PDF CDF

PM MED

- Hasil Pengujian *Washer Flat*

File View Help

f F S h H

Weibull

Graphs Calculations Probabilities

Properties

Domain: Continuous

Min: 26.0

Max: +INF

Mode: 26.0

Mean: 331.28

Variance: 5.7137E+5

St. Dev: 755.89

Coef. of Var: 2.2817

Skewness: 7.7588

Kurtosis: 121.2

Functions

x: 0

Density: N/A

Cum. Density: N/A

Survival: N/A

Hazard: N/A

Cum. Hazard: N/A

Inverse CDF

P: 0.5

x(P): 86.408

Parameters

$\alpha$ : 0.46573

$\beta$ : 132.7

$\gamma$ : 26.0

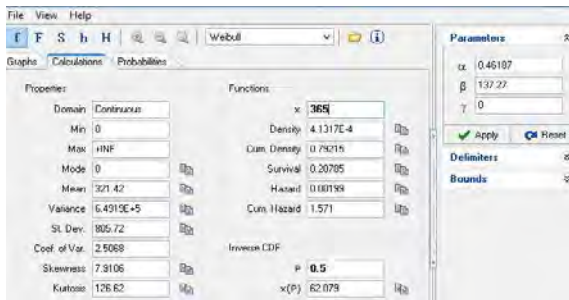
Apply Reset

Delimiters

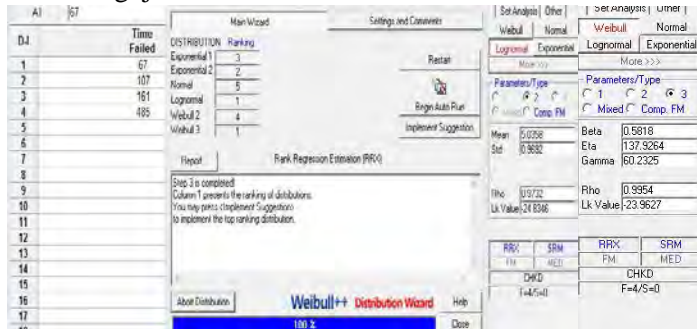
Bounds



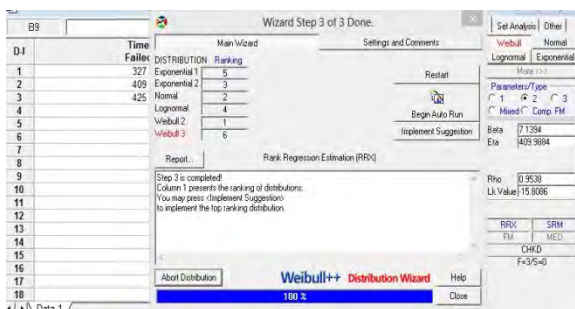
- Hasil Pengujian *Bolt Metric Taper Head*



- Hasil Pengujian *Bolt Metric*



- Hasil Pengujian *Seal Upper-Outer*



- Hasil Pengujian *Rotor Blade*

Time Failed	Ranking
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15
16	16
17	17
18	18

Step 3 is completed. Column 1 presents the ranking of distributions. You may press [Implement Suggestion] to implement the top ranking distribution.

Parameters/Type: Weibull 3

Mean: 170.6657  
Std: 157.8578  
Likelihood: 15.0104

- Hasil Pengujian *Cone Pin*

Time Failed	Ranking
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15
16	16
17	17
18	18

Step 3 is completed. Column 1 presents the ranking of distributions. You may press [Implement Suggestion] to implement the top ranking distribution.

Parameters/Type: Weibull 3

Beta: 37.8055  
Eta: 384.7090  
Likelihood: 11.5367

- Hasil Pengujian *Bolt & Nut Washer*

Lognormal

Properties:

- Domain: Continuous
- Min: 0
- Max: +INF
- Mode: 2.1276
- Mean: 302.26
- Variance: 2.390E+6
- St. Dev.: 1547.9
- Coef. of Var.: 5.1211
- Skewness: 143.67
- Kurtosis: 5.9204E+5

Functions:

- Density: 1.9953E-5
- Cum. Density: 0.97115
- Survival: 0.02885
- Hazard: 3.8820E-6
- Cum. Hazard: 3.5458

Inverse CDF:

- P: 0.5
- x(P): 57.927

Parameters:

- $\sigma$ : 1.8177
- $\mu$ : 4.0532
- $\gamma$ : 0

Buttons: Apply, Reset, Delimiters, Bounds

- Hasil Pengujian *Fluid Port* dan *Poppet*

Step 3 is completed!  
Column 1 presents the ranking of distributions.  
You may press 'Implement Suggestion'  
to implement the top ranking distribution.

100 %

- Hasil Pengujian *Spring*

Step 3 is completed!  
Column 1 presents the ranking of distributions.  
You may press 'Implement Suggestion'  
to implement the top ranking distribution.

100 %

- Hasil Pengujian *Bladder & Gas Valve*

Step 3 is completed!  
Column 1 presents the ranking of distributions.  
You may press 'Implement Suggestion'  
to implement the top ranking distribution.

100 %

- Hasil Pengujian *Rubber*

Properties

Domain: Continuous

Min: 108.0

Max: +INF

Mode: 108.0

Mean: 255.79

Variance: 80293.0

St. Dev.: 283.36

Coef. of Var.: 1.1078

Skewness: 5.2325

Kurtosis: 50.071

Functions

Density: 9.0496E-6

Cum. Density: 0.99471

Survival: 0.00529

Hazard: 0.00172

Cum. Hazard: 5.2422

Inverse CDF

P: 0.5

x(P): 154.44

Parameters

$\alpha$ : 0.56044

$\beta$ : 89.319

$\gamma$ : 108.0

Definers

Bounds

- Hasil Pengujian *Bearing Spher*

Rank Regression Estimation (RRV)

Step 3 is completed  
Column 1 presents the ranking of distributions.  
You may press 'Implement Suggestion' to implement the top ranking distribution.

Parameters/Type

Beta: 7.0782

Eta: 417.0812

Rho: 0.8338

LR Value: 15.9075

RRV: SPM

OWD: F=3JS-0

Weibull++ Distribution Wizard

100 %

### LAMPIRAN 3

#### Jumlah Kebutuhan Komponen Dalam Kegiatan Perawatan

GRINDING SUBSYSTEM			
Nama Part	Kode Perusahaan	Waktu Kegagalan (hari)	Jumlah Kebutuhan
CAP SCREW SOCKET HD	308-200558	12/10/2011	5
		29/5/2012	60
		18/4/2013	10
		1/6/2014	50
BOLT TEE HEAD	615-200799	28/3/2011	16
		13/6/2012	2
		21/8/2013	3
		12/9/2013	4
WASHER SPRING	615-200800	17/7/2014	4
		28/3/2011	48
		13/6/2012	12
		20/5/2013	5
NUT HEX	615-200801	21/8/2013	48
		9/9/2013	20
		30/6/2014	16
		17/7/2014	48
SEAL	308-200054	17/11/2014	16
		28/3/2011	16
		13/6/2012	2
		21/8/2013	3
		12/9/2013	4
		17/7/2014	4
		1/4/2011	1
		16/5/2011	2
		15/5/2012	1
		22/5/2013	3
		12/9/2013	1
		11/12/2014	2

DRYING & TRANSPORTATING SUBSYSTEM			
Nama Part	Kode Perusahaan	Waktu Kerusakan (hari)	Jumlah Kebutuhan
LOUVRE RING INSERT	308-200630	28/4/2011	4
		30/5/2012	4
		4/4/2013	1
		24/4/2013	10
WASHER PLATE	615-200858	26/4/2013	4
		9/6/2014	15
		28/4/2011	200
		9/6/2012	200
BOLT METRIC TAPER HEAD	308-200566	24/4/2013	200
		24/5/2013	100
		6/8/2013	100
		20/8/2014	100
BOLT METRIC	615-200850	5/12/2014	200
		31/12/2014	100
		15/4/2011	25
		7/6/2012	12
		8/6/2012	15
		9/6/2012	12
		12/6/2012	6
		25/4/2013	5
		30/4/2013	4
		10/4/2014	4
		16/5/2014	35
		2/6/2014	20
		6/9/2012	10
		14/2/2013	10
		22/4/2013	20
		20/8/2014	20
		5/12/2014	15

SEPARATING SUBSYSTEM			
Nama Part	Kode Perusahaan	Waktu Kerusakan (hari)	Jumlah Kebutuhan
SEAL UPPER-OUTER	616-201174	1/4/2011	1
		30/5/2012	1
		22/4/2013	1
		5/6/2014	1
ROTOR BLADE	308-200817	25/4/2011	2
		11/12/2011	11
		15/1/2013	8
		4/6/2014	33

HYDRAULIC SUBSYSTEM			
Nama Part	Kode Perusahaan	Waktu Kerusakan (hari)	Jumlah Kebutuhan
PIN CONE	308-200827	26/4/2011	1
		10/5/2012	1
		5/6/2013	1
		5/6/2014	1
BOLT & NUT WASHER	615-200666	25/3/2011	6
		4/5/2011	6
		30/5/2011	4
		11/5/2012	4
		27/5/2012	4
		28/5/2012	8
		23/4/2013	8
		11/6/2014	10
		20/8/2014	10
FLUID PORT	308-200586	31/12/2014	4
		11/2/2011	1
		9/4/2012	1
		3/5/2012	2
		3/1/2013	3
		10/5/2013	6
POPPET	308-200587	3/6/2014	2
		11/2/2011	1
		9/4/2012	1
		3/5/2012	2
		3/1/2013	3
		10/5/2013	6
		3/6/2014	2

SPRING	308-200588	11/2/2011	1
		4/4/2012	2
		3/5/2012	2
		3/1/2013	3
		18/4/2013	6
		3/6/2014	2
BLADDER AND GAS VALVE	308-200405	4/5/2011	4
		21/5/2012	5
		17/9/2012	2
		19/3/2013	3
		16/6/2014	1
RUBBER	307-200009	22/3/2011	1
		17/9/2012	3
		3/1/2013	3
		26/4/2013	15
		17/1/2014	2
		16/6/2014	4
		11/12/2014	1
BEARING SPRING SUSPENSION	623-201281	12/3/2011	2
		14/5/2012	1
		9/4/2013	1
		5/6/2014	1

#### LAMPIRAN 4

Hasil Perhitungan *Probability Density Function* ( $f(t)$ ), *Cumulative Density Function* ( $F(t)$ ), *Reliability* ( $R(t)$ ), *Failure Rate* ( $\lambda(t)$ ) dan *MTTF*

CAP SCREW SOCKET (Distribusi Weibull 3P)					
t (days)	f(t)	R(t)	$\lambda(t)$	F(t)	MTTF
50	0.000237	0.990163975	0.00023981	0.009836025	317.6444
100	0.000574	0.971090585	0.000574532	0.028909415	317.6444
150	0.001177	0.930690548	0.001179433	0.069309452	317.6444
200	0.002156	0.857485755	0.002173406	0.142514245	317.6444
250	0.003609	0.742300427	0.003698076	0.257699573	317.6444
300	0.005566	0.585590747	0.00591807	0.414409253	317.6444
350	0.007887	0.404738	0.009021272	0.595262	317.6444
400	0.010144	0.233285831	0.013219034	0.766714169	317.6444
450	0.011581	0.10555057	0.018746375	0.89444943	317.6444
500	0.01136	0.034853939	0.025862165	0.965146061	317.6444
550	0.00917	0.007704451	0.034849286	0.992295549	317.6444
600	0.005764	0.001030398	0.046014787	0.998969602	317.6444
650	0.002636	7.41626E-05	0.059690031	0.999925837	317.6444
700	0.000809	2.51168E-06	0.076230824	0.999997488	317.6444
750	0.000151	3.43584E-08	0.096017545	0.999999966	317.6444
800	1.53E-05	1.59792E-10	0.119455264	1	317.6444
850	7.45E-07	2.08269E-13	0.146973856	1	317.6444
900	1.49E-08	6.1339E-17	0.179028107	1	317.6444
950	1.04E-10	3.21541E-21	0.21609782	1	317.6444
1000	2.1E-13	2.30556E-26	0.258687908	1	317.6444
1050	9.88E-17	1.69346E-32	0.307328491	1	317.6444
1100	8.63E-21	9.28667E-40	0.362574988	1	317.6444
1150	1.08E-25	2.69358E-48	0.425008198	1	317.6444
1200	1.45E-31	2.84176E-58	0.495234387	1	317.6444
1250	1.54E-38	7.27107E-70	0.573885369	1	317.6444
1300	9.23E-47	2.91292E-83	0.66161858	1	317.6444
1350	2.15E-56	1.14075E-98	0.759117156	1	317.6444
1400	1.31E-67	2.6332E-116	0.867090003	1	317.6444
1450	1.35E-80	2.0836E-136	0.986271872	1	317.6444
1500	1.49E-95	3.1667E-159	1.117423421	1	317.6444
1550	1.1E-112	4.9821E-185	1.261331285	1	317.6444
1600	2.9E-132	4.2022E-214	1.418808138	1	317.6444
1650	1.7E-154	9.4423E-247	1.590692759	1	317.6444
1700	1.1E-179	2.6917E-283	1.77785009	1	317.6444
1750	4.6E-208	0	1.981171296	1	317.6444
1800	5.8E-240	0	2.201573823	1	317.6444



BOLT TEE HEAD dan NUT HEX (Distribusi Normal)					
t (days)	f(t)	R(t)	$\lambda(t)$	F(t)	MTTF
50	0.000928867	0.88315993	0.001051754	0.11684007	301.75
100	0.001197132	0.830059802	0.001442224	0.169940198	301.75
150	0.001458927	0.763581537	0.001910636	0.236418463	301.75
200	0.001681231	0.684862595	0.002454844	0.315137405	301.75
250	0.001831993	0.596697966	0.003070218	0.403302034	301.75
300	0.001887656	0.503302636	0.003750539	0.496697364	301.75
350	0.001839182	0.409725099	0.004488819	0.590274901	301.75
400	0.001694451	0.321043455	0.005277948	0.678956545	301.75
450	0.001476168	0.241553635	0.006111141	0.758446365	301.75
500	0.001216033	0.174162178	0.006982189	0.825837822	301.75
550	0.000947235	0.120122386	0.007885581	0.879877614	301.75
600	0.000697706	0.079136172	0.008816524	0.920863828	301.75
650	0.000485948	0.049734157	0.009770911	0.950265843	301.75
700	0.000320044	0.029784688	0.010745256	0.970215312	301.75
750	0.000199312	0.016982025	0.011736618	0.983017975	301.75
800	0.00011737	0.009210904	0.012742523	0.990789096	301.75
850	6.5356E-05	0.004749402	0.013760894	0.995250598	301.75
900	3.44125E-05	0.002326742	0.014789987	0.997673258	301.75
950	1.71336E-05	0.001082465	0.015828337	0.998917535	301.75
1000	8.06649E-06	0.000478023	0.016874708	0.999521977	301.75
1050	3.59106E-06	0.000200304	0.017928056	0.999799696	301.75
1100	1.51169E-06	7.96153E-05	0.018987499	0.999920385	301.75
1150	6.01738E-07	3.00085E-05	0.020052286	0.999969992	301.75
1200	2.26492E-07	1.07232E-05	0.021121775	0.999989277	301.75
1250	8.06125E-08	3.63194E-06	0.022195419	0.999996368	301.75
1300	2.71303E-08	1.16575E-06	0.023272746	0.999998834	301.75
1350	8.63392E-09	3.54527E-07	0.024353351	0.999999645	301.75
1400	2.59815E-09	1.02141E-07	0.025436881	0.999999898	301.75
1450	7.39305E-10	2.78741E-08	0.026523032	0.999999972	301.75
1500	1.98923E-10	7.20435E-09	0.027611538	0.999999993	301.75
1550	5.06116E-11	1.76334E-09	0.028702164	0.999999998	301.75
1600	1.21763E-11	4.08675E-10	0.02979471	1	301.75
1650	2.77004E-12	8.96774E-11	0.030889003	1	301.75
1700	5.9588E-13	1.86301E-11	0.031984823	1	301.75
1750	1.21209E-13	3.66385E-12	0.033082373	1	301.75
1800	2.33137E-14	6.82121E-13	0.03417827	1	301.75

WASHER SPRING (Distribusi Weibull 2P)					
t (days)	f(t)	R(t)	$\lambda(t)$	F(t)	MTTF
50	0.003827545	0.645588775	0.005928766	0.354411225	221.8616
100	0.002354648	0.496666438	0.004740903	0.503333562	221.8616
150	0.001655959	0.398098313	0.004159674	0.601901687	221.8616
200	0.001237878	0.326527696	0.003791035	0.673472304	221.8616
250	0.000959611	0.272018109	0.003527748	0.727981891	221.8616
300	0.000762475	0.229228832	0.003326259	0.770771168	221.8616
350	0.000616897	0.19491793	0.003164908	0.80508207	221.8616
400	0.000506142	0.166962139	0.003031479	0.833037861	221.8616
450	0.000419956	0.143896146	0.002918464	0.856103854	221.8616
500	0.000351685	0.124669129	0.002820943	0.875330871	221.8616
550	0.000296819	0.108504989	0.002735535	0.891495011	221.8616
600	0.000252196	0.094816977	0.002659824	0.905183023	221.8616
650	0.000215535	0.083152984	0.002592028	0.916847016	221.8616
700	0.000185151	0.073159092	0.0025308	0.926840908	221.8616
750	0.000159779	0.064554518	0.002475099	0.935445482	221.8616
800	0.00013845	0.057113936	0.002424105	0.942886064	221.8616
850	0.000120414	0.05065471	0.00237716	0.94934529	221.8616
900	0.000105082	0.045027507	0.002333733	0.954972493	221.8616
950	9.1986E-05	0.040109278	0.002293384	0.959890722	221.8616
1000	8.07512E-05	0.035797926	0.002255751	0.964202074	221.8616
1050	7.10751E-05	0.032008212	0.002220527	0.967991788	221.8616
1100	6.27112E-05	0.02866857	0.002187455	0.97133143	221.8616
1150	5.54574E-05	0.02571861	0.002156313	0.97428139	221.8616
1200	4.91468E-05	0.023107127	0.002126912	0.976892873	221.8616
1250	4.36412E-05	0.020790525	0.002099089	0.979209475	221.8616
1300	3.88248E-05	0.018731532	0.0020727	0.981268468	221.8616
1350	3.4601E-05	0.016898174	0.00204762	0.983101826	221.8616
1400	3.08882E-05	0.01526292	0.002023739	0.98473708	221.8616
1450	2.76173E-05	0.013801997	0.002000961	0.986198003	221.8616
1500	2.47297E-05	0.01249481	0.001979198	0.98750519	221.8616
1550	2.21756E-05	0.011323472	0.001958375	0.988676528	221.8616
1600	1.99122E-05	0.010272407	0.001938421	0.989727593	221.8616
1650	1.7903E-05	0.009328015	0.001919275	0.990671985	221.8616
1700	1.61164E-05	0.008478396	0.001900882	0.991521604	221.8616
1750	1.45253E-05	0.007713116	0.001883191	0.992286884	221.8616
1800	1.3106E-05	0.007023006	0.001866156	0.992976994	221.8616

SEAL AXLE (Distribusi Normal)					
t (days)	f(t)	R(t)	$\lambda(t)$	F(t)	MTTF
50	0.001049064	0.889791857	0.001179	0.110208143	270
100	0.001419638	0.82815945	0.001714209	0.17184055	270
150	0.001777736	0.74806467	0.002376447	0.25193533	270
200	0.002060017	0.651697334	0.003161003	0.348302666	270
250	0.002208962	0.544351211	0.004057972	0.455648789	270
300	0.002191895	0.433644506	0.005054589	0.566355494	270
350	0.002012635	0.327940224	0.0061372	0.672059776	270
400	0.001710111	0.234498194	0.00729264	0.765501806	270
450	0.001344613	0.158022617	0.008508994	0.841977383	270
500	0.000978328	0.100075245	0.009775927	0.899924755	270
550	0.000658697	0.059423918	0.011084712	0.940576082	270
600	0.000410394	0.033021412	0.012428109	0.966978588	270
650	0.000236608	0.017145296	0.013800177	0.982854704	270
700	0.000126233	0.008306945	0.015196067	0.991693055	270
750	6.23203E-05	0.00375156	0.016611831	0.99624844	270
800	2.84708E-05	0.001577833	0.018044255	0.998422167	270
850	1.20361E-05	0.000617528	0.019490718	0.999382472	270
900	4.70851E-06	0.00022476	0.020949072	0.99977524	270
950	1.7045E-07	7.6034E-05	0.022417555	0.999923966	270
1000	5.70982E-07	2.38958E-05	0.023894712	0.999976104	270
1050	1.76996E-07	6.97401E-06	0.025379336	0.999993026	270
1100	5.07712E-08	1.88948E-06	0.026870422	0.999998111	270
1150	1.34768E-08	4.75084E-07	0.028367127	0.999999525	270
1200	3.3103E-09	1.10828E-07	0.029868743	0.999999889	270
1250	7.52427E-10	2.3982E-08	0.031374668	0.999999976	270
1300	1.58261E-10	4.81265E-09	0.032884393	0.999999995	270
1350	3.08034E-11	8.95513E-10	0.034397483	0.999999999	270
1400	5.548E-12	1.54482E-10	0.035913564	1	270
1450	9.24673E-13	2.47026E-11	0.037432264	1	270
1500	1.42611E-13	3.66107E-12	0.038953453	1	270
1550	2.03533E-14	5.0282E-13	0.040478222	1	270
1600	2.68799E-15	6.39488E-14	0.042033448	1	270
1650	3.285E-16	7.54952E-15	0.043512725	1	270
1700	3.71498E-17	0	-	1	270
1750	3.8877E-18	0	-	1	270
1800	3.7648E-19	0	-	1	270

LOUVRE RING INSERT (Distribusi Weibull 2P)					
t (days)	f(t)	R(t)	$\lambda(t)$	F(t)	MTTF
50	0.002853771	0.597627846	0.004775165	0.402372154	485.532384
100	0.00161896	0.491654665	0.003292881	0.508345335	485.532384
150	0.001124659	0.424487387	0.002649451	0.575512613	485.532384
200	0.000852925	0.375618554	0.002270721	0.624381446	485.532384
250	0.000680109	0.337580871	0.002014655	0.662419129	485.532384
300	0.00056041	0.306734333	0.001827021	0.693265667	485.532384
350	0.000472685	0.281012006	0.001682081	0.718987994	485.532384
400	0.000405747	0.259121824	0.001565855	0.740878176	485.532384
450	0.0003531	0.240200417	0.001470021	0.759799583	485.532384
500	0.0003107	0.223641803	0.001389275	0.776358197	485.532384
550	0.000275898	0.209004235	0.00132006	0.790995765	485.532384
600	0.000246882	0.195955849	0.001259886	0.804044151	485.532384
650	0.000222371	0.184241131	0.001206957	0.815758869	485.532384
700	0.000201434	0.173659299	0.001159937	0.826340701	485.532384
750	0.000183377	0.164049832	0.001117811	0.835950168	485.532384
800	0.000167672	0.155282483	0.00107979	0.844717517	485.532384
850	0.000153914	0.14725021	0.001045254	0.85274979	485.532384
900	0.000141781	0.139864045	0.001013704	0.860135955	485.532384
950	0.000131019	0.133049311	0.000984738	0.866950689	485.532384
1000	0.000121423	0.126742765	0.000958023	0.873257235	485.532384
1050	0.000112825	0.120890427	0.000933285	0.879109573	485.532384
1100	0.00010509	0.115445892	0.000910293	0.884554108	485.532384
1150	9.81018E-05	0.110369012	0.000888853	0.889630988	485.532384
1200	9.17667E-05	0.105624841	0.000868799	0.894375159	485.532384
1250	8.60042E-05	0.101182804	0.000849988	0.898817196	485.532384
1300	8.07464E-05	0.097016015	0.0008323	0.902983985	485.532384
1350	7.59354E-05	0.093100724	0.000815626	0.906899276	485.532384
1400	7.15215E-05	0.089415862	0.000799875	0.910584138	485.532384
1450	6.7462E-05	0.085942668	0.000784965	0.914057332	485.532384
1500	6.37198E-05	0.082664374	0.000770825	0.917335626	485.532384
1550	6.02625E-05	0.079565942	0.000757391	0.920434058	485.532384
1600	5.70621E-05	0.076633843	0.000744607	0.923366157	485.532384
1650	5.40936E-05	0.073855869	0.000732422	0.926144131	485.532384
1700	5.13354E-05	0.071220976	0.000720791	0.928779024	485.532384
1750	4.87682E-05	0.068719144	0.000709674	0.931280856	485.532384
1800	4.63749E-05	0.066341258	0.000699035	0.933658742	485.532384

WASHER FLAT (Distribusi Weibull 3P)					
t (days)	f(t)	R(t)	$\lambda(t)$	F(t)	MTTF
50	0.005574251	0.637012774	0.008750611	0.362987226	331.21
100	0.001995593	0.46679324	0.004794626	0.53320676	331.21
150	0.001262322	0.379494727	0.003638899	0.620505273	331.21
200	0.000904985	0.321584304	0.003036406	0.678415696	331.21
250	0.000692562	0.279119823	0.002653064	0.720880177	331.21
350	0.000452755	0.219710665	0.002178217	0.780289335	331.21
400	0.000379131	0.197861568	0.002017437	0.802138432	331.21
450	0.000322655	0.179481331	0.001886617	0.820518669	331.21
500	0.000278165	0.163783471	0.00177753	0.836216529	331.21
550	0.000242367	0.15021185	0.001684793	0.84978815	331.21
600	0.00021306	0.138359519	0.001604718	0.861640481	331.21
650	0.00018872	0.127920367	0.001534681	0.872079633	331.21
700	0.000168256	0.118658829	0.001472761	0.881341171	331.21
750	0.00015087	0.110390141	0.001417513	0.889609859	331.21
800	0.000135963	0.102967001	0.001367826	0.897032999	331.21
850	0.000123079	0.096270319	0.001322834	0.903729681	331.21
900	0.000111865	0.090202623	0.001281846	0.909797377	331.21
950	0.000102042	0.084683274	0.001244305	0.915316726	331.21
1000	9.33882E-05	0.079644915	0.001209757	0.920355085	331.21
1050	8.57257E-05	0.075030806	0.001177828	0.924969194	331.21
1100	7.8909E-05	0.070792776	0.001148206	0.929207224	331.21
1150	7.28188E-05	0.066889646	0.001120626	0.933110354	331.21
1200	6.73564E-05	0.063285992	0.001094868	0.936714008	331.21
1250	6.24394E-05	0.059951163	0.001070739	0.940048837	331.21
1300	5.79987E-05	0.056858497	0.001048077	0.943141503	331.21
1350	5.39756E-05	0.05398469	0.00102674	0.94601531	331.21
1400	5.03206E-05	0.051309281	0.001006605	0.948690719	331.21
1450	4.69909E-05	0.048814227	0.000987563	0.951185773	331.21
1500	4.39501E-05	0.04648356	0.000969521	0.95351644	331.21
1550	4.11666E-05	0.044303093	0.000952393	0.955696907	331.21
1600	3.8613E-05	0.042260183	0.000936107	0.957739817	331.21
1650	3.62654E-05	0.040343523	0.000920596	0.959656477	331.21
1700	3.4103E-05	0.038542973	0.000905801	0.961457027	331.21
1750	3.21075E-05	0.036849414	0.000891668	0.963150586	331.21
1800	3.02627E-05	0.035254624	0.000878151	0.964745376	331.21
1850	2.85546E-05	0.033751169	0.000865206	0.966248831	331.21



BOLT METRIC TAPER HEAD (Distribusi Weibull 2P)					
t (days)	f(t)	R(t)	$\lambda(t)$	F(t)	MTTF
50	0.003094534	0.534083597	0.0057941	0.465916403	321.2118
100	0.001681989	0.421523063	0.003990265	0.578476937	321.2118
150	0.00113186	0.352813946	0.003208094	0.647186054	321.2118
200	0.00083611	0.30426077	0.002748005	0.69573923	321.2118
250	0.000651648	0.267388351	0.002437083	0.732611649	321.2118
300	0.000526106	0.238127779	0.002209341	0.761872221	321.2118
350	0.00043557	0.214200109	0.002033475	0.785799891	321.2118
400	0.000367519	0.194198763	0.001892489	0.805801237	321.2118
450	0.000314746	0.177195034	0.001776266	0.822804966	321.2118
500	0.000272809	0.162544426	0.001678363	0.837455574	321.2118
550	0.000238821	0.149782179	0.001594456	0.850217821	321.2118
600	0.000210826	0.138562748	0.001521523	0.861437252	321.2118
650	0.000187452	0.128622733	0.001457381	0.871377267	321.2118
700	0.000167709	0.119757146	0.001400408	0.880242854	321.2118
750	0.000150865	0.111803627	0.001349371	0.888196373	321.2118
800	0.000136368	0.104631634	0.001303314	0.895368366	321.2118
850	0.000123795	0.098134821	0.001261483	0.901865179	321.2118
900	0.000112817	0.09222556	0.001223274	0.90777444	321.2118
950	0.000103172	0.08683091	0.001188198	0.91316909	321.2118
1000	9.46522E-05	0.081889607	0.001155851	0.918110393	321.2118
1050	8.70881E-05	0.077349776	0.0011259	0.922650224	321.2118
1100	8.03424E-05	0.073167171	0.001098066	0.926832829	321.2118
1150	7.43015E-05	0.069303802	0.001072112	0.930696198	321.2118
1200	6.88711E-05	0.065726857	0.001047838	0.934273143	321.2118
1250	6.39725E-05	0.062407834	0.001025072	0.937592166	321.2118
1300	5.95393E-05	0.059321853	0.001003665	0.940678147	321.2118
1350	5.55151E-05	0.056447093	0.000983488	0.943552907	321.2118
1400	5.18519E-05	0.053764334	0.000964429	0.946235666	321.2118
1450	4.85087E-05	0.051256576	0.000946389	0.948743424	321.2118
1500	4.545E-05	0.048908729	0.000929281	0.951091271	321.2118
1550	4.26451E-05	0.046707351	0.000913028	0.953292649	321.2118
1600	4.00676E-05	0.044640429	0.000897563	0.955359571	321.2118
1650	3.76941E-05	0.042697193	0.000882823	0.957302807	321.2118
1700	3.55042E-05	0.040867962	0.000868755	0.959132038	321.2118
1750	3.34802E-05	0.039144007	0.000855309	0.960855993	321.2118
1800	3.16062E-05	0.037517441	0.000842441	0.962482559	321.2118

BOLT METRIC (Distribusi Lognormal)					
t (days)	f(t)	R(t)	$\lambda(t)$	F(t)	MTTF
50	0.004204368	0.876871595	0.004794736	0.123128405	246.0351274
100	0.003730255	0.671592465	0.005554343	0.328407535	246.0351274
150	0.002743905	0.510357137	0.005376442	0.489642863	246.0351274
200	0.001984476	0.393249413	0.005046354	0.606750587	246.0351274
250	0.001452586	0.308152262	0.00471386	0.691847738	246.0351274
300	0.001082277	0.245345516	0.004411235	0.754654484	246.0351274
350	0.000820903	0.19814672	0.004142903	0.80185328	246.0351274
400	0.000633027	0.162058115	0.003906174	0.837941885	246.0351274
450	0.000495475	0.134025847	0.003696863	0.865974153	246.0351274
500	0.000393014	0.111941197	0.003510901	0.888058803	246.0351274
550	0.00031548	0.094320805	0.003344752	0.905679195	246.0351274
600	0.000255963	0.080102162	0.003195454	0.919897838	246.0351274
650	0.000209683	0.068511226	0.003060562	0.931488774	246.0351274
700	0.000173273	0.058975262	0.002938057	0.941024738	246.0351274
750	0.000144322	0.05106442	0.002826271	0.94893558	246.0351274
800	0.000121079	0.044451878	0.002723819	0.955548122	246.0351274
850	0.000102253	0.038886184	0.002629542	0.961113816	246.0351274
900	8.68805E-05	0.034171768	0.002542464	0.965828232	246.0351274
950	7.42345E-05	0.030155004	0.002461762	0.969844996	246.0351274
1000	6.37594E-05	0.0267141	0.002386733	0.9732859	246.0351274
1050	5.50273E-05	0.023751688	0.002316775	0.976248312	246.0351274
1100	4.7705E-05	0.021189313	0.002251369	0.978810687	246.0351274
1150	4.15309E-05	0.018963298	0.002190066	0.981036702	246.0351274
1200	3.62982E-05	0.017021616	0.002132475	0.982978384	246.0351274
1250	3.18419E-05	0.015321482	0.002078254	0.984678518	246.0351274
1300	2.80298E-05	0.013827512	0.002027102	0.986172488	246.0351274
1350	2.47548E-05	0.012510275	0.001978755	0.987489725	246.0351274
1400	2.193E-05	0.011345169	0.001932978	0.988654831	246.0351274
1450	1.94843E-05	0.010311525	0.00188956	0.989688475	246.0351274
1500	1.73592E-05	0.009391901	0.001848317	0.990608099	246.0351274
1550	1.55066E-05	0.00857151	0.001809082	0.99142849	246.0351274
1600	1.38862E-05	0.00783777	0.001771704	0.99216223	246.0351274
1650	1.24647E-05	0.007179931	0.001736049	0.992820069	246.0351274
1700	1.12141E-05	0.006588771	0.001701995	0.993411229	246.0351274
1750	1.01107E-05	0.006056358	0.00166943	0.993943642	246.0351274
1800	9.13466E-06	0.00557584	0.001638256	0.99442416	246.0351274

BOLT METRIC (Distribusi Weibull 3P)					
t (days)	f(t)	R(t)	$\lambda(t)$	F(t)	MTTF
70	0.01030227	0.807111408	0.012764371	0.192888592	276.7272945
100	0.00309606	0.615685534	0.007095845	0.384314466	276.7272945
150	0.00176648	0.458913705	0.005048152	0.541086295	276.7272945
200	0.001212296	0.365041376	0.004194865	0.634958624	276.7272945
250	0.000898109	0.299995069	0.003691259	0.700004931	276.7272945
300	0.000695282	0.251709617	0.00334733	0.748290383	276.7272945
350	0.000554266	0.214340872	0.003092414	0.785659128	276.7272945
400	0.000451329	0.184585567	0.002893254	0.815414433	276.7272945
450	0.000373531	0.160391422	0.002731819	0.839608578	276.7272945
500	0.000313169	0.140398357	0.002597353	0.859601643	276.7272945
550	0.00026536	0.123661532	0.002482979	0.876338468	276.7272945
600	0.000226858	0.109500485	0.002384065	0.890499515	276.7272945
650	0.000195418	0.097410973	0.002297355	0.902589027	276.7272945
700	0.000169446	0.087010583	0.002220488	0.912989417	276.7272945
750	0.000147774	0.078003655	0.002151698	0.921996345	276.7272945
800	0.000129533	0.070157865	0.002089639	0.929842135	276.7272945
850	0.000114063	0.063288097	0.002033259	0.936711903	276.7272945
900	0.000100854	0.05724506	0.001981726	0.94275494	276.7272945
950	8.95076E-05	0.051907078	0.001934369	0.948092922	276.7272945
1000	7.97076E-05	0.04717405	0.001890644	0.95282595	276.7272945
1050	7.12019E-05	0.042962937	0.001850099	0.957037063	276.7272945
1100	6.37865E-05	0.039204336	0.001812359	0.960795664	276.7272945
1150	5.7295E-05	0.035839853	0.001777108	0.964160147	276.7272945
1200	5.15911E-05	0.032820048	0.00174408	0.967179952	276.7272945
1250	4.65617E-05	0.030102834	0.001713044	0.969897166	276.7272945
1300	4.21127E-05	0.027652197	0.001683806	0.972347803	276.7272945
1350	3.81654E-05	0.025437174	0.001656193	0.974562826	276.7272945
1400	3.46535E-05	0.023431031	0.001630058	0.976568969	276.7272945
1450	3.15207E-05	0.021610588	0.001605271	0.978389412	276.7272945
1500	2.87194E-05	0.019955675	0.001581718	0.980044325	276.7272945
1550	2.62086E-05	0.018448678	0.001559297	0.981551322	276.7272945
1600	2.39533E-05	0.017074166	0.001537918	0.982925834	276.7272945
1650	2.19235E-05	0.015818576	0.001517502	0.984181424	276.7272945
1700	2.0093E-05	0.014669955	0.001497976	0.985330045	276.7272945
1750	1.84392E-05	0.013617742	0.001479277	0.986382258	276.7272945
1800	1.69425E-05	0.012652578	0.001461347	0.987347422	276.7272945



SEAL UPPER OUTER (Distribusi Weibull 2P)					
t (days)	f(t)	R(t)	$\lambda(t)$	F(t)	MTTF
50	4.27327E-08	0.999999701	4.27327E-08	2.99274E-07	383.9134716
100	3.01221E-06	0.999957808	3.01234E-06	4.21923E-05	383.9134716
150	3.628E-05	0.99923746	3.63077E-05	0.00076254	383.9134716
200	0.000211088	0.994069045	0.000212348	0.005930955	383.9134716
250	0.000811538	0.971162571	0.000835635	0.028837429	383.9134716
300	0.002298448	0.898033564	0.002559423	0.101966436	383.9134716
350	0.004772678	0.723780467	0.006594096	0.276219533	383.9134716
400	0.006470872	0.4322866	0.014968939	0.5677134	383.9134716
450	0.004413577	0.143071764	0.030848696	0.856928236	383.9134716
500	0.000951725	0.016156636	0.05890611	0.983843364	383.9134716
550	3.06318E-05	0.000289658	0.105751515	0.999710342	383.9134716
600	4.6906E-08	2.59982E-07	0.180420419	0.99999974	383.9134716
650	6.43559E-13	2.18215E-12	0.294919957	1	383.9134716
700	7.4807E-21	1.60932E-20	0.464834986	1	383.9134716
750	2.87854E-33	4.05431E-33	0.70999456	1	383.9134716
800	4.70481E-52	4.45869E-52	1.055199476	1	383.9134716
850	1.05291E-79	6.87723E-80	1.531011502	1	383.9134716
900	1.9186E-119	8.8226E-120	2.174604905	1	383.9134716
950	2.1934E-175	7.2372E-176	3.030680838	1	383.9134716
1000	1.0527E-252	2.535E-253	4.152445114	1	383.9134716
1050	0	0	5.602649881	1	383.9134716
1100	0	0	7.454699679	1	383.9134716
1150	0	0	9.793822345	1	383.9134716
1200	0	0	12.71830521	1	383.9134716
1250	0	0	16.34079699	1	383.9134716
1300	0	0	20.78967585	1	383.9134716
1350	0	0	26.21048391	1	383.9134716
1400	0	0	32.7674287	1	383.9134716
1450	0	0	40.64495188	1	383.9134716
1500	0	0	50.04936557	1	383.9134716
1550	0	0	61.21055659	1	383.9134716
1600	0	0	74.3837591	1	383.9134716
1650	0	0	89.85139577	1	383.9134716
1700	0	0	107.9249879	1	383.9134716
1750	0	0	128.9471349	1	383.9134716
1800	0	0	153.293563	1	383.9134716

ROTOR BLADE (Distribusi Normal)					
t (days)	f(t)	R(t)	$\lambda(t)$	F(t)	MTTF
50	0.000349474	0.974896888	0.000358472	0.025103112	378.7
100	0.000599057	0.951576154	0.000629541	0.048423846	378.7
150	0.000939697	0.913473798	0.001028707	0.086526202	378.7
200	0.001348881	0.856469316	0.001574933	0.143530684	378.7
250	0.001771847	0.778375843	0.002276339	0.221624157	378.7
300	0.00212983	0.680411096	0.003130211	0.319588904	378.7
350	0.002342773	0.567879409	0.004125476	0.432120591	378.7
400	0.002358206	0.449512556	0.00524614	0.550487444	378.7
450	0.002172198	0.335504439	0.006474425	0.664495561	378.7
500	0.00183098	0.2349522	0.007792991	0.7650478	378.7
550	0.001412324	0.153744408	0.009186178	0.846255592	378.7
600	0.000996899	0.093688864	0.010640526	0.906311136	378.7
650	0.000643923	0.053020453	0.012144813	0.946979547	378.7
700	0.000380613	0.027802547	0.013689867	0.972197453	378.7
750	0.000205873	0.013483723	0.015268272	0.986516277	378.7
800	0.000101902	0.00603896	0.016874067	0.99396104	378.7
850	4.61562E-05	0.002494599	0.01850247	0.997505401	378.7
900	1.91313E-05	0.000949463	0.020149638	0.999050537	378.7
950	7.25649E-06	0.000332676	0.021812476	0.999667324	378.7
1000	2.51869E-06	0.000107231	0.023488481	0.999892769	378.7
1050	7.99997E-07	3.17766E-05	0.025175617	0.999968223	378.7
1100	2.32524E-07	8.65296E-06	0.026872224	0.999991347	378.7
1150	6.18465E-08	2.16421E-06	0.028576933	0.999997836	378.7
1200	1.50532E-08	4.96991E-07	0.030288615	0.999999503	378.7
1250	3.3528E-09	1.04754E-07	0.032006332	0.999999895	378.7
1300	6.83366E-10	2.02603E-08	0.033729298	0.999999998	378.7
1350	1.27457E-10	3.59472E-09	0.035456852	0.999999996	378.7
1400	2.17542E-11	5.84973E-10	0.037188434	0.999999999	378.7
1450	3.39772E-12	8.72922E-11	0.038923583	1	378.7
1500	4.85623E-13	1.1943E-11	0.04066171	1	378.7
1550	6.3515E-14	1.49791E-12	0.042402353	1	378.7
1600	7.60187E-15	1.72196E-13	0.044146696	1	378.7
1650	8.32588E-16	1.80966E-14	0.046007905	1	378.7
1700	8.34462E-17	1.77636E-15	0.046976048	1	378.7
1750	7.65331E-18	0	-	1	378.7
1800	6.4233E-19	0	-	1	378.7

CONE PIN (Distribusi Weibull 2P)					
t (days)	f(t)	R(t)	$\lambda(t)$	F(t)	MTTF
50	1.06986E-25	1	1.06986E-25	0	377.09322
100	1.33007E-17	1	1.33007E-17	0	377.09322
150	7.22569E-13	1	7.22569E-13	3.88622E-12	377.09322
200	1.65356E-09	0.999999988	1.65356E-09	1.18579E-08	377.09322
250	6.67235E-07	0.999994019	6.67239E-07	5.98108E-06	377.09322
300	8.97441E-05	0.99903418	8.98309E-05	0.00096582	377.09322
350	0.00528066	0.931315505	0.005670108	0.068684495	377.09322
400	0.01077695	0.052423988	0.205572877	0.947576012	377.09322
450	3.10069E-34	6.35371E-35	4.880131976	1	377.09322
500	0	0	82.95214287	1	377.09322
550	0	0	1076.108885	1	377.09322
600	0	0	11167.90536	1	377.09322
650	0	0	96096.45821	1	377.09322
700	0	0	704916.092	1	377.09322
750	0	0	4506439.24	1	377.09322
800	0	0	25557118.29	1	377.09322
850	0	0	130461954.6	1	377.09322
900	0	0	606705085.7	1	377.09322
950	0	0	2596405750	1	377.09322
1000	0	0	10312730721	1	377.09322
1050	0	0	38295111224	1	377.09322
1100	0	0	1.33783E+11	1	377.09322
1150	0	0	4.42088E+11	1	377.09322
1200	0	0	1.38841E+12	1	377.09322
1250	0	0	4.16136E+12	1	377.09322
1300	0	0	1.19469E+13	1	377.09322
1350	0	0	3.29597E+13	1	377.09322
1400	0	0	8.76362E+13	1	377.09322
1450	0	0	2.25153E+14	1	377.09322
1500	0	0	5.60247E+14	1	377.09322
1550	0	0	1.353E+15	1	377.09322
1600	0	0	3.1773E+15	1	377.09322
1650	0	0	7.26789E+15	1	377.09322
1700	0	0	1.62192E+16	1	377.09322
1750	0	0	3.53627E+16	1	377.09322
1800	0	0	7.54265E+16	1	377.09322

BOLT & NUT WASHER (Distribusi Lognormal)					
t (days)	f(t)	R(t)	$\lambda(t)$	F(t)	MTTF
50	0.004376273	0.532266619	0.008221956	0.467733381	302.2386
100	0.002098492	0.381950066	0.005494153	0.618049934	302.2386
150	0.001276184	0.30033818	0.004249157	0.69966182	302.2386
200	0.000870077	0.247715851	0.003512401	0.752284149	302.2386
250	0.000635376	0.210566637	0.003017459	0.789433363	302.2386
300	0.000485984	0.182796241	0.00265861	0.817203759	302.2386
350	0.000384406	0.161193277	0.002384755	0.838806723	302.2386
400	0.000311929	0.143884808	0.002167908	0.856115192	302.2386
450	0.000258271	0.129696907	0.001991347	0.870303093	302.2386
500	0.000217369	0.11785288	0.001844413	0.88214712	302.2386
550	0.000185441	0.107816659	0.001719967	0.892183341	302.2386
600	0.000160021	0.099205456	0.00161303	0.900794544	302.2386
650	0.000139444	0.091738169	0.00152002	0.908261831	302.2386
700	0.000122547	0.08520346	0.001438285	0.91479654	302.2386
750	0.0001085	0.07943923	0.001365818	0.92056077	302.2386
800	9.66944E-05	0.07431898	0.001301072	0.92568102	302.2386
850	8.66781E-05	0.069742496	0.001242831	0.930257504	302.2386
900	7.81071E-05	0.065629327	0.001190125	0.934370673	302.2386
950	7.07167E-05	0.061914124	0.001142174	0.938085876	302.2386
1000	6.43003E-05	0.058543242	0.001098339	0.941456758	302.2386
1050	5.86947E-05	0.055472229	0.001058092	0.944527771	302.2386
1100	5.37696E-05	0.052663932	0.001020995	0.947336068	302.2386
1150	4.94198E-05	0.050087055	0.000986679	0.949912945	302.2386
1200	4.55598E-05	0.04771505	0.00095483	0.95228495	302.2386
1250	4.21192E-05	0.045525249	0.000925183	0.954474751	302.2386
1300	3.904E-05	0.04349818	0.00089751	0.95650182	302.2386
1350	3.62739E-05	0.041617025	0.000871611	0.958382975	302.2386
1400	3.37801E-05	0.039867179	0.000847316	0.960132821	302.2386
1450	3.15246E-05	0.038235904	0.000824475	0.961764096	302.2386
1500	2.94782E-05	0.036712039	0.000802957	0.963287961	302.2386
1550	2.76163E-05	0.035285761	0.000782646	0.964714239	302.2386
1600	2.59176E-05	0.033948394	0.00076344	0.966051606	302.2386
1650	2.43638E-05	0.032692248	0.000745247	0.967307752	302.2386
1700	2.29392E-05	0.03151048	0.000727987	0.96848952	302.2386
1750	2.16301E-05	0.030396984	0.000711588	0.969603016	302.2386
1800	2.04245E-05	0.029346292	0.000695984	0.970653708	302.2386

FLUID PORT dan POPPET (Distribusi Weibull 3P)					
t (days)	f(t)	R(t)	$\lambda(t)$	F(t)	MTTF
50	0.001542	0.832430685	0.001852508	0.167569315	250.9749
100	0.002285	0.749169623	0.002365881	0.250830377	250.9749
150	0.002662	0.656868948	0.002895923	0.343131052	250.9749
200	0.00294	0.560670409	0.003440378	0.439329591	250.9749
250	0.003097	0.46555702	0.003997573	0.53444298	250.9749
300	0.003126	0.375848197	0.00456621	0.624151803	250.9749
350	0.00303	0.29484218	0.005145252	0.70515782	250.9749
400	0.002827	0.224640422	0.005733847	0.775359578	250.9749
450	0.002541	0.166152864	0.006331285	0.833847136	250.9749
500	0.002203	0.119251568	0.006936961	0.880748432	250.9749
550	0.001843	0.083020162	0.007550357	0.916979838	250.9749
600	0.001488	0.056040716	0.008171019	0.943959284	250.9749
650	0.00116	0.036666631	0.00879855	0.963333369	250.9749
700	0.000874	0.023245578	0.009432596	0.976754422	250.9749
750	0.000635	0.01427492	0.010072843	0.98572508	250.9749
800	0.000447	0.008488668	0.010719006	0.991511332	250.9749
850	0.000303	0.004886661	0.011370829	0.995113339	250.9749
900	0.000199	0.002722522	0.01202808	0.997277478	250.9749
950	0.000126	0.001467579	0.012690544	0.998532421	250.9749
1000	7.7E-05	0.00076523	0.013358028	0.99923477	250.9749
1050	4.55E-05	0.000385864	0.01403035	0.999614136	250.9749
1100	2.6E-05	0.000188117	0.014707344	0.999811883	250.9749
1150	1.43E-05	8.86483E-05	0.015388857	0.999911352	250.9749
1200	7.61E-06	4.03707E-05	0.016074744	0.999959629	250.9749
1250	3.91E-06	1.77632E-05	0.016764872	0.999982237	250.9749
1300	1.94E-06	7.55001E-06	0.017459115	0.99999245	250.9749
1350	9.26E-07	3.09923E-06	0.018157358	0.999996901	250.9749
1400	4.28E-07	1.22844E-06	0.018859488	0.999998772	250.9749
1450	1.91E-07	4.70077E-07	0.019565403	0.99999953	250.9749
1500	8.19E-08	1.73626E-07	0.020275006	0.999999826	250.9749
1550	3.39E-08	6.18886E-08	0.020988202	0.999999938	250.9749
1600	1.36E-08	2.12854E-08	0.021704906	0.999999979	250.9749
1650	5.23E-09	7.06243E-09	0.022425034	0.999999993	250.9749
1700	1.95E-09	2.26022E-09	0.023148508	0.999999998	250.9749
1750	6.98E-10	6.97595E-10	0.023875252	0.999999999	250.9749
1800	2.41E-10	2.07606E-10	0.024605196	1	250.9749

SPRING (Distribusi Weibull 2P)					
t (days)	f(t)	R(t)	$\lambda(t)$	F(t)	MTTF
50	0.003343137	0.729035598	0.004585698	0.270964402	299.9604134
100	0.002248189	0.593003266	0.003791191	0.406996734	299.9604134
150	0.001682212	0.495952618	0.00339188	0.504047382	299.9604134
200	0.001320989	0.421457012	0.003134339	0.578542988	299.9604134
250	0.001067468	0.362084196	0.00294812	0.637915804	299.9604134
300	0.000879479	0.313628054	0.002804211	0.686371946	299.9604134
350	0.000734953	0.273416622	0.002688032	0.726583378	299.9604134
400	0.000620943	0.239626677	0.002591292	0.760373323	299.9604134
450	0.000529248	0.210951892	0.002508854	0.789048108	299.9604134
500	0.000454374	0.186422454	0.002437336	0.813577546	299.9604134
550	0.000392485	0.165298651	0.002374398	0.834701349	299.9604134
600	0.000340809	0.147004142	0.002318361	0.852995858	299.9604134
650	0.000297291	0.131082077	0.00226798	0.868917923	299.9604134
700	0.000260377	0.11716514	0.00222311	0.88283486	299.9604134
750	0.000228866	0.104954443	0.002180621	0.895045557	299.9604134
800	0.000201817	0.094204289	0.002142331	0.905795711	299.9604134
850	0.000178484	0.084710912	0.002106976	0.915289088	299.9604134
900	0.000158268	0.076304016	0.002074176	0.923695984	299.9604134
950	0.000140683	0.068840306	0.002043621	0.931159694	299.9604134
1000	0.000125333	0.062198472	0.00201505	0.937801528	299.9604134
1050	0.000111889	0.056275263	0.001988243	0.943724737	299.9604134
1100	0.000100079	0.050982367	0.001963016	0.949017633	299.9604134
1150	8.96766E-05	0.046243911	0.00193921	0.953756089	299.9604134
1200	8.04902E-05	0.04199445	0.001916687	0.95800555	299.9604134
1250	7.23586E-05	0.038177321	0.00189533	0.961822679	299.9604134
1300	6.51449E-05	0.0347433	0.001875035	0.9652567	299.9604134
1350	5.87323E-05	0.031649488	0.001855711	0.968350512	299.9604134
1400	5.30209E-05	0.02885839	0.001837279	0.97114161	299.9604134
1450	4.79248E-05	0.026337148	0.001819667	0.973662852	299.9604134
1500	4.33701E-05	0.024056891	0.001802812	0.975943109	299.9604134
1550	3.92925E-05	0.021992193	0.001786659	0.978007807	299.9604134
1600	3.56367E-05	0.020120613	0.001771156	0.979879387	299.9604134
1650	3.23543E-05	0.018422299	0.001756259	0.981577701	299.9604134
1700	2.94031E-05	0.016879662	0.001741926	0.983120338	299.9604134
1750	2.67463E-05	0.015477083	0.001728121	0.984522917	299.9604134
1800	2.43514E-05	0.01420067	0.00171481	0.98579933	299.9604134



BLADDER&GAS VALVE (Distribusi Weibull 3P)					
t (days)	f(t)	R(t)	$\lambda(t)$	F(t)	MTTF
100	0.009170772	0.964733086	0.00950602	0.035266914	352.6043234
150	0.002308935	0.715315003	0.004874693	0.284684997	352.6043234
200	0.001646074	0.571712124	0.004182497	0.428287876	352.6043234
250	0.001261711	0.468416909	0.003818084	0.531583091	352.6043234
300	0.001000499	0.389483541	0.003577346	0.610516459	352.6043234
350	0.000809986	0.327201338	0.003400472	0.672798662	352.6043234
400	0.000665255	0.277033402	0.003262146	0.722966598	352.6043234
450	0.000552306	0.236024919	0.003149412	0.763975081	352.6043234
500	0.000462442	0.202127027	0.003054799	0.797872973	352.6043234
550	0.00038989	0.17385718	0.002973634	0.82614282	352.6043234
600	0.000330634	0.150108909	0.002902809	0.849891091	352.6043234
650	0.00028178	0.130036786	0.002840157	0.869963214	352.6043234
700	0.000241183	0.112982781	0.002784116	0.887017219	352.6043234
750	0.000207221	0.098427006	0.002733519	0.901572994	352.6043234
800	0.000178646	0.085953606	0.002687479	0.914046394	352.6043234
850	0.000154481	0.075226462	0.002645301	0.924773538	352.6043234
900	0.000133954	0.065971475	0.002606435	0.934028525	352.6043234
950	0.000116448	0.057963398	0.002570439	0.942036602	352.6043234
1000	0.000101464	0.051015871	0.00253695	0.948984129	352.6043234
1050	8.85966E-05	0.044973795	0.002505668	0.955026205	352.6043234
1100	7.75144E-05	0.039707394	0.002476343	0.960292606	352.6043234
1150	6.79435E-05	0.035107566	0.002448763	0.964892434	352.6043234
1200	5.96568E-05	0.031082191	0.002422749	0.968917809	352.6043234
1250	5.24655E-05	0.027553187	0.002398147	0.972446813	352.6043234
1300	4.62111E-05	0.024454127	0.002374824	0.975545873	352.6043234
1350	4.07605E-05	0.021728318	0.002352665	0.978271682	352.6043234
1400	3.60016E-05	0.019327227	0.002331567	0.980672773	352.6043234
1450	3.1839E-05	0.017209189	0.002311442	0.982790811	352.6043234
1500	2.81921E-05	0.015338342	0.002292213	0.984661658	352.6043234
1550	2.49918E-05	0.013683743	0.002273808	0.986316257	352.6043234
1600	2.21793E-05	0.012218634	0.002256167	0.987781366	352.6043234
1650	1.97041E-05	0.010919826	0.002239233	0.989080174	352.6043234
1700	1.75228E-05	0.009767181	0.002222957	0.990232819	352.6043234
1750	1.5598E-05	0.008743181	0.002207294	0.991256819	352.6043234
1800	1.38976E-05	0.007832557	0.002192203	0.992167443	352.6043234
1850	1.23935E-05	0.007021978	0.002177648	0.992978022	352.6043234

RUBBER (Distribusi Weibull 3P)					
t (days)	f(t)	R(t)	$\lambda(t)$	F(t)	MTTF
110	0.029615	0.887673194	0.033362456	0.112326806	255.2271
150	0.002295	0.519205845	0.008739398	0.480794155	255.2271
200	0.001287	0.361743215	0.006189343	0.638256785	255.2271
250	0.000862	0.27346109	0.005113336	0.72653891	255.2271
300	0.000624	0.215407343	0.004477738	0.784592657	255.2271
350	0.000472	0.174179059	0.004044198	0.825820941	255.2271
400	0.000368	0.143488437	0.003723426	0.856511563	255.2271
450	0.000293	0.119889911	0.003473279	0.880110089	255.2271
500	0.000237	0.101304966	0.003270885	0.898695034	255.2271
550	0.000195	0.086394114	0.003102597	0.913605886	255.2271
600	0.000162	0.074251217	0.002959692	0.925748783	255.2271
650	0.000136	0.064240003	0.002836296	0.935759997	255.2271
700	0.000115	0.055900246	0.002728285	0.944099754	255.2271
750	9.78E-05	0.048890912	0.002632666	0.951109088	255.2271
800	8.38E-05	0.042954143	0.002547209	0.957045857	255.2271
850	7.23E-05	0.037891618	0.002470208	0.962108382	255.2271
900	6.26E-05	0.03354855	0.002400337	0.966451545	255.2271
950	5.45E-05	0.029802583	0.002336544	0.970197417	255.2271
1000	4.76E-05	0.026555906	0.002277984	0.973444094	255.2271
1050	4.17E-05	0.023729547	0.002223969	0.976270453	255.2271
1100	3.67E-05	0.021259184	0.002173933	0.978740816	255.2271
1150	3.24E-05	0.019091999	0.002127401	0.980908001	255.2271
1200	2.87E-05	0.017184315	0.002083979	0.982815685	255.2271
1250	2.55E-05	0.015499772	0.002043328	0.984500228	255.2271
1300	2.27E-05	0.01400792	0.002005163	0.98599208	255.2271
1350	2.03E-05	0.012683117	0.001969236	0.987316883	255.2271
1400	1.81E-05	0.011503664	0.001935333	0.988496336	255.2271
1450	1.63E-05	0.010451106	0.001903269	0.989548894	255.2271
1500	1.46E-05	0.009509685	0.00187288	0.990490315	255.2271
1550	1.31E-05	0.008665887	0.001844024	0.991334113	255.2271
1600	1.18E-05	0.00790808	0.001816573	0.99209192	255.2271
1650	1.07E-05	0.007226215	0.001790417	0.992773785	255.2271
1700	9.67E-06	0.006611585	0.001765453	0.993388415	255.2271
1750	8.76E-06	0.006056619	0.001741594	0.993943381	255.2271
1800	7.95E-06	0.005554714	0.001718759	0.994445286	255.2271
1850	7.22E-06	0.005100099	0.001696876	0.994899901	255.2271



BEARING SPHER (Distribusi Weibull 2P)					
t (days)	f(t)	R(t)	$\lambda(t)$	F(t)	MTTF
50	4.26733E-08	0.999999699	4.26734E-08	3.01442E-07	390.5631773
100	2.8831E-06	0.999959267	2.88322E-06	4.07329E-05	390.5631773
150	3.38753E-05	0.999281862	3.38996E-05	0.000718138	390.5631773
200	0.000193735	0.994510785	0.000194804	0.005489215	390.5631773
250	0.000736269	0.973644783	0.000756199	0.026355217	390.5631773
300	0.002078528	0.90748658	0.002290423	0.09251342	390.5631773
350	0.004378221	0.748972809	0.005845635	0.251027191	390.5631773
400	0.006255912	0.47530489	0.013161892	0.52469511	390.5631773
450	0.004860579	0.180490546	0.026929828	0.819509454	390.5631773
500	0.001383332	0.027075076	0.051092453	0.972924924	390.5631773
550	7.63169E-05	0.000836895	0.091190538	0.999163105	390.5631773
600	3.10886E-07	2.00893E-06	0.154751977	0.999997991	390.5631773
650	2.29963E-11	9.13548E-11	0.251725517	1	390.5631773
700	4.29733E-18	1.08804E-17	0.394959154	1	390.5631773
750	1.36426E-28	2.27103E-28	0.600723537	1	390.5631773
800	1.98806E-44	2.23559E-44	0.889280636	1	390.5631773
850	1.165E-67	9.06261E-68	1.285497958	1	390.5631773
900	6.0945E-101	3.3495E-101	1.819508538	1	390.5631773
950	1.2094E-147	4.7853E-148	2.527416955	1	390.5631773
1000	5.393E-212	1.5623E-212	3.452051586	1	390.5631773
1050	3.1256E-299	6.7307E-300	4.643763296	1	390.5631773
1100	0	0	6.16127078	1	390.5631773
1150	0	0	8.072552725	1	390.5631773
1200	0	0	10.45578698	1	390.5631773
1250	0	0	13.40033693	1	390.5631773
1300	0	0	17.00778515	1	390.5631773
1350	0	0	21.39301465	1	390.5631773
1400	0	0	26.68533772	1	390.5631773
1450	0	0	33.02967255	1	390.5631773
1500	0	0	40.58776786	1	390.5631773
1550	0	0	49.53947557	1	390.5631773
1600	0	0	60.08407168	1	390.5631773
1650	0	0	72.44162549	1	390.5631773
1700	0	0	86.85441728	1	390.5631773
1750	0	0	103.5884046	1	390.5631773
1800	0	0	122.9347373	1	390.5631773

## TENTANG PENULIS



**Anita Rindiyah Firdiyanti** dilahirkan pada tanggal 27 Juli 1993 di Surabaya. Merupakan anak pertama dari pasangan Siyamin dan Sri Indiyah. Memiliki adik bernama Adams Sindiyah Oktera dan Justin Septriawan. Penulis sejak kecil hidup dan besar di Surabaya. Penulis memulai pendidikan dari bangku sekolah dasar di SD Negeri Sawahan IX Surabaya hingga tahun 2005, kemudian melanjutkan di SMP Negeri 3 Surabaya hingga tahun 2008, lalu melanjutkan pendidikan di

SMA Negeri 6 Surabaya hingga tahun 2011. Setelah lulus dari bangku sekolah menengah atas, penulis melanjutkan pendidikan sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan mengambil Jurusan Teknik Mesin melalui jalur PMDK Prestasi.

Penulis mengambil bidang studi sistem manufaktur dengan Tugas Akhir spesifik pada arah persediaan dan perawatan. Semasa di bangku perkuliahan, penulis aktif dalam berbagai bidang kegiatan perkuliahan seperti organisasi kemahasiswaan dan kepanitiaan kegiatan kemahasiswaan. Organisasi Kemahasiswaan yang pernah diikuti oleh penulis adalah Himpunan Mahasiswa Mesin yaitu sebagai staf Departemen Umum pada periode 2012-2013 dan sebagai Bendahara Himpunan Mahasiswa Mesin pada periode 2012-2013. Disamping itu penulis juga aktif dalam kepanitiaan kegiatan kemahasiswaan seperti IEMC, Mechanical City, Mechanical Skill Competition, dan lain-lain. Penulis dapat dihubungi melalui *email* berikut: ***anita.rindiyah@gmail.com***

Halaman ini sengaja dikosongkan